



## سرریز انتشار گاز دی اکسید کربن در کشورهای عضو اوپک

سمانه باقری<sup>۱\*</sup>

<sup>۱\*</sup> - گروه علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	<p><b>مقدمه:</b> انقلاب صنعتی نه تنها عصر جدیدی از رشد سریع اقتصادی را در کشورها آغاز کرد، بلکه پدیده‌های امروزی، مانند گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی را نیز به همراه داشت. از جنبه‌های اصلی انقلاب صنعتی، تبدیل اقتصاد جهانی به اقتصادهای مبتنی بر سوخت‌های فسیلی است. استفاده از سوخت‌های فسیلی به‌طور مستمر سطح کربن موجود در جو را مختل می‌کند و در نتیجه باعث حفظ گرما در جو می‌شود. با توجه به این که کشورهای عضو اوپک، فروشنده نفت هستند و در مصرف انرژی‌های فسیلی، مزیت نسبی دارند و مصرف انرژی به انتشار گاز کربنیک منجر می‌شود، پس پژوهش در زمینه انتشار گاز کربنیک ضرورت می‌یابد.</p>
تاریخچه مقاله:	<p><b>مواد و روش‌ها:</b> در این پژوهش، ابتدا با استفاده از شاخص سرریز دیبلد-ییلماز، سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک بررسی شد و سپس با استفاده از تئوری شبکه پیچیده، شبکه سرریز در کشورهای عضو اوپک بررسی شد.</p>
دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۰ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۶	<p><b>نتایج:</b> مطابق نتایج این پژوهش، سرریز انتشار گاز کربنیک از کشور آنگولا به ایران ۶/۱ درصد، امارات متحده عربی ۶ درصد، الجزایر ۰/۸ درصد، اکوادور ۱/۹ درصد، عراق ۱ درصد، کویت ۱۲ درصد، لیبی ۵ درصد، نیجریه ۱/۴ درصد، قطر ۱ درصد، عربستان سعودی ۳/۳ درصد و ونزوئلا ۸/۸ درصد است. کویت بیشترین سرریز انتشار گاز کربنیک به ایران را دارد. بیشترین سرریز انتشار گاز کربنیک از ایران به کشور عراق و آنگولا است. در این پژوهش، گره‌ها، کشورهای عضو اوپک هستند و ضخامت یال‌های بین گره‌ها، مقدار سرریز انتشار گاز کربنیک در بین کشورهای عضو اوپک می‌باشد. مقدار Contribution to others که به معنی سرریز انتشار گاز کربنیک انتقالی است برای کشور امارات متحده عربی بیشترین مقدار است و به این معنی است که این کشور در بین کشورهای عضو اوپک بیشترین مقدار سرریز انتشار گاز کربنیک را دارد. مقدار NET منفی نشان می‌دهد سرریز خالص دریافتی بالاتر از سرریز منتقل شده است. مقدار NET مثبت نشان می‌دهد که سرریز انتقالی بالاتر، از اثر سرریز دریافتی است. مقدار TCI (Total Connectedness Index) در این پژوهش ۶۱/۷۶ درصد است که عدد بزرگی است و نشان می‌دهد اثر سرریز در کشورهای عضو اوپک، قوی است. در نهایت با استفاده از تئوری شبکه پیچیده به بررسی این سرریز پرداخته شد.</p>
کلمات کلیدی:	<p><b>اثر سرریز، انتشار گاز دی‌اکسید کربن، شاخص سرریز دیبلد-ییلماز</b></p>
	<p><b>بحث:</b> مطابق نتایج این پژوهش کشورهای آنگولا، اکوادور، ایران، عراق، لیبی و ونزوئلا، فرستنده سرریز انتشار گاز کربنیک و کشورهای کویت، نیجریه، قطر، عربستان و الجزایر، گیرنده سرریز انتشار گاز کربنیک هستند. کشور کویت، بیشترین سرریز انتشار گاز کربنیک به ایران را دارد. بیشترین سرریز انتشار گاز</p>

کربنیک از ایران به کشور عراق و آنگولا است. شاخص TCI ۶۱/۷۶ درصد است که نشان می‌دهد اثر سرریز در این کشورها قوی است. قطر بزرگ‌ترین فرستنده اثر انتشار گاز کربنیک در شبکه اثر سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک می‌باشد. کشور لیبی دارای بیش‌ترین مقدار Weighted Indegree است و فرستنده اثر سرریز انتشار گاز کربنیک، کشور قطر دارای بیش‌ترین مقدار Weighted Degree است. کشورهای قطر، نیجریه و آنگولا در یک خوشه و کشورهای اکوادور و ونزوئلا در یک خوشه و کشورهای ایران، عراق، کویت، لیبی، عربستان سعودی و امارات متحده عربی در یک خوشه از اثر سرریز انتشار گاز کربنیک قرار می‌گیرند. مقدار Degree, Outdegree و Indegree در تئوری شبکه پیچیده برای همه کشورها یکسان به‌دست آمده است.

## مقدمه

۱۹۹۲ میلادی در کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل (UNFCCC)، مقصر اصلی افزایش روزافزون گازهای گلخانه‌ای را کشورهای توسعه‌یافته می‌دانستند و معتقدند، کشورهای در حال توسعه برای رسیدن به توسعه اقتصادی، می‌توانند از انرژی استفاده کنند. برگزاری سالانه کنفرانس اعضای متعهد به کنوانسیون، به تصویب پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۵ و توافق‌نامه پاریس در سال ۲۰۱۵ انجامید. مطابق پروتکل کیوتو کشورهای توسعه‌یافته باید ۵ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای خود تا سال ۲۰۱۲ میلادی کاهش دهند و کشورهای در حال توسعه از سرمایه‌گذاری کشورهای توسعه یافته برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق مکانیزم توسعه پاک (CMD) اقدام نمایند. مطابق توافق‌نامه پاریس، کشورهای اعضای این توافق‌نامه باید در حد توانایی خود، برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۰۳۰ میلادی برنامه‌ریزی نمایند (Doe, 2017). در سطح جهانی، در پاسخ به تهدید تغییرات آب و هوایی، کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در زمینه تغییرات آب و هوا (UNFCCC)، پروتکل کیوتو (۱۹۹۷) و توافق‌نامه پاریس (۲۰۱۵) تصویب شد. در حالی که پروتکل کیوتو، بر کشورهای توسعه‌یافته متمرکز بود و توافق‌نامه پاریس، تأکید بیش‌تری بر نقش کشورهای در حال توسعه در زمینه تغییرات آب و هوایی داشت. چنین توافق‌های جهانی باید با اقدامات منطقه‌ای پشتیبانی شود.

جمهوری اسلامی ایران، سند مشارکت ملی تعیین شده (INDC<sup>1</sup>) خود را در سال ۱۳۹۴ ارائه داد. سازمان‌های بین‌المللی محیط‌زیست تلاش‌های خود را برای یافتن سناریوی افزایش دادند که رشد اقتصادی و به حداقل

گزارش هیأت بین‌دولتی تغییرات آب و هوا (IPCC) در سال ۲۰۰۷ نشان می‌دهد که ارتباط نزدیکی بین میانگین دمای جهانی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) وجود دارد. به عنوان مثال، انتشار گازهای گلخانه‌ای حدود ۱/۶٪ در سال با انتشار دی‌اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) از استفاده از سوخت‌های فسیلی حدود ۱/۹٪ در سال در طول سه دهه گذشته افزایش یافته است. (Kasman & Duman, 2015). رشد اقتصادی پایدار با تخریب کم یا بدون تخریب محیط زیست، هدف اصلی بسیاری از کشورهای در حال توسعه است. تلاش برای رشد اقتصادی با مشکلات محیط‌زیستی مختلفی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG)، جنگل زدایی، تخریب کره زمین و خشکسالی مرتبط است (Tenaw, 2021). در سال ۲۰۰۷ میلادی، گزارش IPCC در مورد تغییر آب و هوا نشان داد، انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) ناشی از فعالیت‌های انسانی در دهه‌های گذشته به طرز چشم‌گیری افزایش یافته است. دی‌اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) به عنوان منبع اصلی گازهای گلخانه‌ای به طور قابل توجهی مورد توجه قرار گرفت. سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، گاز طبیعی و نفت، از منابع انتشار گاز کربنیک هستند. اتخاذ سیاست صرفه‌جویی در مصرف انرژی، به دلیل تأثیر نامطلوب آن بر رشد اقتصادی، می‌تواند به عنوان یک تصمیم از سوی سیاست‌گذاران دنبال شود. گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند انتشار گاز کربنیک (CO<sub>2</sub>)، اکسیدنیترژن (N<sub>2</sub>O)، متان (CH<sub>4</sub>) به یک نگرانی جدی تبدیل شده است.

توافق‌های بین‌المللی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و جلوگیری از تغییر اکوسیستم ایجاد شده است. در سال

<sup>1</sup> Intended Nationally Determined Contributions (INDC)

او معتقد است، رشد به عنوان عامل بی ثباتی در شرایط امروز است، زیرا ممکن است منجر به افزایش بیکاری، کاهش رقابت و مارپیچ دستمزد-رکود شود و برای همین رشد صفر را پیشنهاد می‌کند. از سوی دیگر، طرفداران اقتصاد سبز، بحران سه گانه را یک فرصت می‌دانند و معتقدند که سرمایه‌گذاری سبز در بخش‌هایی مانند انرژی، ساخت و ساز و غیره، قادر به ایجاد مشاغل سبز و جایگزینی اقتصادی مبتنی بر کربن با انرژی‌های تجدیدپذیر هستند (Barbier, 2010). سیاست‌های کینزی سبز<sup>۲</sup> ظرفیتی دارند که بحران را در کوتاه‌مدت التیام می‌بخشند و راه را به سوی پایداری در بلندمدت هموار می‌کنند (Zakarya et al., 2015).

طرفداران فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس، معتقدند رشد اقتصادی خود به خود کلید مشکل تخریب محیط زیست است. فرضیه EKC نشان می‌دهد، تخریب محیط زیست و توسعه اقتصادی، با یک رابطه U شکل وارونه مرتبط هستند (Jaunky, 2011). سرایت<sup>۳</sup> یک کشور می‌تواند بر سیاست‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کشورهای دیگر تأثیر منفی بگذارد و منجر به نگرانی در مورد آلودگی محیط زیست شود (You & Lv, 2018). مطابق منحنی محیط‌زیستی کوزنتس، کشورها زمانی که با افزایش درآمد پیشرفت می‌کنند، تمایل بیشتری به یکپارچگی اقتصادی دارند و این ممکن است به محیط زیست آسیب برساند. در این شرایط، ممکن است ارتباط بالایی در سراسر کشورهای مناطق وجود داشته باشد (Ulucak & Apergis, 2018). پس از رسیدن به یک نقطه خاص، کیفیت محیطی بهبود می‌یابد و سبب کاهش سطح انتشار می‌شود (Taylor & Brock, 2003). زمانی که کشور پیشرفت می‌کند، اختلاف درآمد کاهش می‌یابد. ادغام اقتصادی بیشتر ناشی از تجارت آزاد است که ممکن است کیفیت محیط‌زیست را بدتر کند، بسیاری از کشورهای در حال توسعه، بدون نگرانی از وضع یا اجرای قوانین برای حفاظت از محیط زیست، تجارت بین‌المللی را با کاهش مالیات/تعرفه‌ها و کاهش هزینه‌های تولید در حوزه قضایی خود افزایش می‌دهند (Drenzer, 2000). طبق تئوری‌های تجارت بین‌الملل و اقتصاد محیطی، هم-

رساندن پیامدهای منفی آن بر محیط‌زیست (یعنی توسعه پایدار) را تضمین کند. اهداف اتحادیه اروپا (EU) در مورد توسعه پایدار، بخشی از استراتژی اروپا ۲۰۲۰ و ۲۰۳۰ میلادی برای رشد هوشمند و پایدار است. این اقدامات اقلیمی که در سطح اتحادیه اروپا اجرا و نظارت می‌شوند، با هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا پایان سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۳۰ میلادی به ترتیب ۲۰ و ۴۰ درصد هستند. این اهداف نیز در راستای استراتژی اقتصاد کم کربن ۲۰۵۰ اتحادیه اروپا هستند و تأکید می‌کنند تمام بخش‌های اقتصاد باید به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کنند تا به هدف کاهش ۸۰ درصدی در مقایسه با سطوح سال ۱۹۹۰ دست یابند (Lazar et al., 2019).

انتشار گاز کربنیک، از مصرف سوخت‌های فسیلی، مانند زغال سنگ، گاز و نفت ناشی می‌شود. با توجه به اهمیت انتشار گاز کربنیک، به عنوان مهم‌ترین گاز تشکیل دهنده گاز گلخانه‌ای که روز به روز بر میزان انتشار این گاز در جهان افزوده می‌شود، هدف این پژوهش، بررسی اثر سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک است. کشورهای عضو اوپک، دارای مزیت نسبی در مصرف سوخت‌های فسیلی هستند و این مزیت، سبب انتشار گاز کربنیک و آلاینده‌های بیشتر محیط زیست خواهد شد، پس پژوهش در این زمینه اهمیت می‌یابد.

این پژوهش به دنبال پاسخ به سوالات زیر است.

آیا سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک وجود دارد؟ آیا اثر سرریز در این کشورها قوی است؟ در کشورهای عضو اوپک، کدام کشور سرریز انتشار گاز کربنیک بیشتری دارد؟ کدام کشور فرستنده و کدام کشور گیرنده اثر سرریز انتشار گاز کربنیک است؟ در این پژوهش، سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک بررسی می‌شود و اعضای اوپک می‌توانند با شناسایی بیش‌ترین کشور با اثر سرایت انتشار گاز کربنیک، اقدام به سیاست‌هایی برای کاهش اثرات سرریز داشته باشند.

در مکاتب جدید اقتصادی، رشد اقتصادی را همراه با رفاه می‌پذیرند. طرفداران جنبش توسعه زدایی، معتقدند که پیشرفت انسانی بدون رشد اقتصادی ممکن است و رشد‌زدایی پایدار لزوماً به معنای رشد‌زدایی در همه و یا هر بخش یا منطقه نیست (Schneider et al., 2010). Jackson (۲۰۰۹) می‌پذیرد که توسعه فعلی ناپایدار است،

<sup>2</sup> green Keynesian

<sup>3</sup> contagion

انتشار گازهای گلخانه‌ای، اروپا و اقیانوسیه دریافت‌کننده‌های اثر سرریز انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. آسیا، آفریقا و آمریکا از سود اقتصادی حاصل از یکپارچگی اقتصادی برای سیاست‌های حفاظت از محیط زیست، با توجه بیش‌تری استفاده کنند، که ممکن است به رشد و توسعه اقتصادی بالا همراه با محیط زیست پاک کمک کند. Ito (۲۰۱۷) به بررسی ارتباط بین انتشار CO<sub>2</sub>، مصرف انرژی تجدیدپذیر و غیر قابل تجدید و رشد اقتصادی برای ۴۲ کشور توسعه‌یافته طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۲ میلادی پرداختند و به این نتیجه رسیدند، مصرف انرژی تجدیدناپذیر، منجر به تأثیر منفی بر رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه می‌شود و مصرف انرژی تجدیدپذیر به طور مثبت به رشد اقتصادی در بلندمدت کمک می‌کند. Jaunky (۲۰۱۱) به بررسی رابطه درآمد انتشار CO<sub>2</sub> در کشورهای ثروتمند برای دوره زمانی ۱۹۸۰-۲۰۰۵ با روش GMM و VECM پرداختند و به این نتیجه رسیدند که علت یک طرفه از تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی به سرانه انتشار CO<sub>2</sub> در کوتاه مدت و بلندمدت وجود دارد. منحنی کوزنتس برای کشورهای یونان، مالت، عمان، پرتغال و بریتانیا تأیید می‌شود. برای همه کشورها، افزایش ۱٪ در تولید ناخالص داخلی باعث افزایش ۰.۶۸٪ در انتشار CO<sub>2</sub> در کوتاه مدت و ۰.۲۲٪ در طول دوره می‌شود. کشش درآمدی پایین‌تر نشان می‌دهد در طول زمان، انتشار CO<sub>2</sub> در کشورهای ثروتمند تثبیت می‌شود (Zakarya, 2015). Panjeshahi و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه خود، برای دو سناریوی BAU و کاهش مصرف انرژی، مقدار تقاضای انرژی و مصرف هر یک از سوخت‌های مختلف، با استفاده از مدل بالا به پایین اقتصاد کلان و به کمک جدول داده-ستانده برای دوره زمانی ۲۰۰۵-۲۰۳۰ میلادی مدل‌سازی کردند و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی مختلف را با فرضیات ساده‌ای در مورد میزان انتشار هر بخش محاسبه کرده‌اند. در صورت اجرای سناریوی کاهش مصرف انرژی که بستگی به کاهش شدت مصرف انرژی همراه با افزایش راندمان در بخش‌های صنعتی، خانگی و حمل‌ونقل دارد، تا ۴۵ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۳۰ میلادی را نسبت به سال ۲۰۰۵ میلادی می‌توان کاهش داد.

چنین اشاره شده است که یکپارچگی اقتصادی/تجاری می‌تواند به مزایایی منجر شود که می‌توان از آن برای حفاظت از محیط‌زیست استفاده کرد، مانند کاهش موانع تجارت، مالیات کربن یا سقف، تغییر از نفت کوره به گاز طبیعی و سرمایه‌گذاری خارجی، شرکت‌ها را تشویق می‌کند تا فناوری‌ها و سیستم‌های مدیریت محیط‌زیست را از کشورهایی با استانداردهای محیط‌زیستی سخت‌گیرانه‌تر به کشورهایی که فاقد آن هستند، انتقال دهند. Kellenberg (۲۰۰۹) و You و Lv (۲۰۱۸) نیز همین استنباط را انجام می‌دهند. طبق نظریات تجارت بین‌الملل و اقتصاد محیط‌زیست، ادغام تجاری می‌تواند منجر به مزایایی شود که برای حفاظت از محیط‌زیست مورد استفاده قرار گیرد، مانند کاهش موانع تجارت، مالیات کربن یا سقف، تغییر از نفت کوره به گاز طبیعی و هم‌چنین از طریق سرمایه‌گذاری خارجی، شرکت‌ها را تشویق کند تا فناوری‌ها و سیستم‌های مدیریت محیط زیست/سبز را از کشورهای دارای استانداردهای سخت‌گیرانه محیط‌زیستی به کشورهایی که به قابلیت‌ها و فن‌آوری‌های محیط‌زیستی دسترسی ندارند، منتقل سازند (Christmann & Taylor, 2001).

سرمایه‌گذاری خارجی شرکت‌ها را تشویق به انتقال فناوری‌های محیط‌زیستی سبز و سیستم‌های مدیریتی از کشورهایی با استانداردهای محیط‌زیستی سخت‌گیرانه‌تر به کشورهایی که ممکن است به کاهش اثر سرریز برای گیرنده‌ها و فرستنده‌ها کمک کنند، انتقال دهند (Akram, 2022). مطالعاتی وجود دارد که هم‌گرایی یا اثر سرریز انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHGEs) را در سطح کشور یا چند کشور بررسی می‌کند، اما مطالعات اندکی در مورد اثر سرریز گازهای گلخانه‌ای وجود دارد. در مطالعات اقتصادی، مالی و محیط زیستی، اثر سرریز در شرکت‌ها، کشورها و مناطق بررسی شده است. Akram (۲۰۲۱) در مطالعه خود به بررسی اثر سرریز انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی در سراسر قاره‌های اصلی پرداخت. ارتباط پنج قاره اصلی یعنی آسیا، آفریقا، اروپا، اقیانوسیه و آمریکا را برای دوره ۲۰۱۸-۱۹۶۱ میلادی با استفاده از روش TVP-VAR بررسی شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد، پنج قاره در گازهای گلخانه‌ای به هم متصل هستند. آسیا، آفریقا و آمریکا فرستنده‌های اثر سرریز

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا با روش دیبلدیلماز اثر سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورها بررسی می‌شود و سپس با استفاده از تئوری شبکه پیچیده به بررسی شبکه اثر سرریز گاز کربنیک در کشورها پرداخته می‌شود. وزن یال‌های شبکه پیچیده در این پژوهش، مقدار عددی سرریز دیبلدیلماز هستند.

### منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش ابتدا از روش دیبلدیلماز برای بررسی مقدار و جهت سرریز استفاده می‌شود و در مرحله بعد با استفاده از تئوری شبکه پیچیده، این سرریزهای به دست آمده بررسی می‌شوند و با استفاده از گراف نشان داده می‌شوند. داده‌های این پژوهش از بانک جهانی برای دوره ۱۹۶۰-۲۰۲۰ میلادی برای کشورهای عضو اوپک به دست آمده است. ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ایویوز با استفاده از روش دیبلدیلماز به دست آمد و سپس با استفاده از نرم‌افزار گفی، تئوری شبکه پیچیده بررسی شد. داده‌های پژوهش از بانک جهانی به دست آمده‌اند. مطابق پژوهش Akram (۲۰۲۱) به صورت لگاریتم طبیعی انتشار گاز کربنیک محاسبه شده‌اند.

شاخص سرریز دیبلدیلماز: در این پژوهش برای بررسی اثر سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک، از شاخص سرریز Diebold -Yilmaz (۲۰۱۲) که شامل یک Generalized Vector Autoregressive است، بهره گرفته شد. با استفاده از روش دیبلدیلماز می‌توان هم جهت سرریز و هم مقدار سرریز را مشخص کرد.

$$y_t = \sum_{i=1}^P \theta_i y_{t-i} + \varepsilon_t$$

در معادله فوق  $Y_t = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{kt})$  نشان‌دهنده بردار متغیرهای درون‌زای  $K$  هستند.  $\varepsilon_t \sim (0, \Sigma)$ ,  $\theta_i, i = 1, \dots, P$  بردار اختلال گفته می‌شود، که به طور مستقل از زمان توزیع شده است.  $t = 1, \dots, T$  به عنوان شاخص زمان در نظر گرفته شده است (Antonakakis & Badinger, 2015).

سرریز بر اساس مطالعه دیبلدیلماز (۲۰۱۴، ۲۰۱۵) است  $T$  در این روش برای سنجش سرریز، بر اساس تجزیه واریانس و تحلیل VAR و همچنین علیت مطرح شده بر اساس مطالعات Billio و همکاران (۲۰۱۲) بهره گرفته می‌شود. یک مدل یک مدل AR(p) به شکل زیر:

$$y_t = c + A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + u_t \quad (1)$$

در معادله (۱)،  $y$  یک بردار در زمان  $t$ ،  $c$  بردار ثابت و  $u$  یک بردار  $1 \times k$  برداری از جملات خطا در واحد زمان و  $A$  یک ماتریس ضرایب  $K \times K$  است. معادله (۱) را می‌توان به شکل معادله (۲) نوشت.

$$Y_t = c + A_1 Y_{t-1} + U_t \quad (2)$$

$A$  یک ماتریس با  $K_P \times K_P$  و  $Y, C$  و  $U$  یک  $1 \times K_P$  است.

$$A = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & \dots & A_{p-1} & A_p \\ I_K & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & I_K & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & I_K & 0 \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_p \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} c \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}, U = \begin{bmatrix} U_t \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

بعد از تخمین مدل VAR، تجزیه واریانس نشان می‌دهد که هر متغیر چقدر به توضیح‌دهندگی متغیرهای دیگر کمک می‌کند. میانگین مربعات خطا که پیش‌بینی می‌کند.

$$[y_{it}(H)] = \sum_{j=0}^{H-1} \sum_{k=1}^k (e_i' \theta_j e_k)^2 \quad (3)$$

$e_i$ ،  $i$  امین ستون  $I_K$  است.  $\theta_j = P \cdot P^j$ . یک ماتریس از پایین مثلثی از طریق ماتریس تجزیه واریانس کواریانس معادله (۴) جایی که  $J = [I_K \ 0 \ \dots \ 0]$  است.

$$\Omega_u = E(u_t u_t'), \phi_j = J A^j J' \quad (4)$$

متغیر  $k$  به وسیله متغیر  $i$  به وسیله معادله (۵) نشان داده می‌شود (Zhang et al., 2017).

به دست آمده است (Moghadam *et al.*, 2019). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از شبکه استفاده می‌شود. عناصری که با هم پیوستگی داشته باشند، را شبکه گفته می‌شود و شکل‌های به دست آمده را نمودار شبکه می‌گویند (Schuenemann *et al.*, 2020).

### نتایج

#### سرریز دیبلد-بیلماز

ابتدا به بررسی ماتریس اثر سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک و سپس به معرفی کشورهای فرستنده و گیرنده اثر سرریز انتشار گاز کربنیک پرداخته می‌شود.

$$\theta_{ik,H} = \frac{\sum_{j=0}^{H-1} (e_i' \theta_j e_k)^2}{\text{MSE}[y_{it}(H)]} \quad (5)$$

تئوری شبکه پیچیده: شبکه  $G(V,E)$  از گره و یال تشکیل شده است.  $V = (1, 2, \dots, N)$  شامل گره است و  $E$  نشان‌دهنده یال‌هاست و روابط سرریز بین بازارها را نشان می‌دهد.  $i$  و  $j$  گره‌ها در شبکه را نشان می‌دهد و  $e_{ij}$  پیوند بین گره  $i$  و  $j$  را نشان می‌دهد (Zhang *et al.*, 2020). در دهه‌های اخیر تئوری شبکه پیچیده، برای شناسایی بهتر شبکه به کار می‌رود (Kito & Ueda, 2014). Romance (۲۰۱۱) بر اهمیت Centrality در پژوهش خود تأکید داشتند و به بررسی معیارهای مرکزیت در شبکه و نقش این معیارها در اهمیت گره‌ها در شبکه پرداختند. شبکه پیچیده از نظریه گراف

جدول ۱- ماتریس سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک با استفاد از شاخص سرریز دیبلد بیلماز

	امارات	آنغولا	متحده عربی	الجزایر	اکوادور	ایران	عراق	کویت	لیبی	نیجریه	قطر	عربستان سعودی	ونزوئلا	From Others
آنغولا	۳۴/۱	۹/۸	۱/۱	۲/۴	۱۴/۷	۰/۶	۸/۶	۱۳/۵	۱/۸	۳/۶	۳/۹	۵/۹	۶۵/۹	
امارات متحده عربی	۹/۵	۳۱/۲	۱/۲	۱/۸	۱/۱	۱۱/۶	۱/۶	۲۸/۹	۰/۷	۱/۸	۴/۹	۵/۴	۶۸/۸	
الجزایر	۰/۹	۷	۴۳/۲	۴/۸	۶/۶	۱۰/۹	۱۲/۶	۴/۶	۳	۰/۶	۰/۴	۵/۴	۵۶/۸	
اکوادور	۸	۲/۷	۰/۵	۶۳/۸	۳/۶	۶/۳	۱/۱	۵/۷	۱/۹	۲/۹	۰/۴	۳/۲	۳۶/۲	
ایران	۶/۱	۶	۰/۸	۱/۹	۵۲/۹	۱	۱۲	۵	۱/۴	۱	۳/۳	۸/۸	۴۷/۱	
عراق	۵/۵	۵/۳	۳/۴	۱	۱۱/۱	۵۰/۲	۶/۵	۸/۱	۴/۷	۱/۵	۱/۴	۱/۲	۴۹/۸	
کویت	۱۰/۴	۲۱	۴/۸	۱/۷	۲/۳	۲/۴	۲۴/۷	۹/۹	۰/۸	۱/۷	۳/۷	۱۶/۵	۵۷/۳	
لیبی	۱۴/۶	۲۰/۷	۱/۶	۵/۸	۰/۵	۹/۷	۲	۳۷/۱	۱	۳/۶	۲/۹	۰/۶	۶۲/۹	
نیجریه	۱۶/۶	۷/۶	۳/۸	۲/۲	۳/۳	۹	۳	۹/۸	۲۸/۴	۱/۹	۴/۳	۱۰	۷۱/۶	
قطر	۲۰/۶	۱۳/۳	۰/۳	۱/۱	۳/۶	۲/۳	۱۰/۸	۱۲/۷	۰/۷	۲۸/۸	۰/۸	۴/۹	۷۱/۲	
عربستان سعودی	۵/۲	۱۹	۳/۲	۷/۳	۴/۷	۱۸/۱	۲/۳	۲۱/۲	۲/۵	۳/۲	۹/۴	۳/۹	۹۰/۶	
ونزوئلا	۶/۷	۹/۴	۰/۵	۱۴/۹	۲	۰/۵	۳/۵	۱/۵	۱	۲/۳	۲/۷	۵۵/۱	۴۴/۹	
Contribution to others	۱۰۴/۲	۱۲۱/۹	۲۱/۱	۴۵	۵۳/۵	۷۲/۷	۶۴	۱۲۰/۹	۱۹/۴	۲۴/۱	۲۸/۷	۶۵/۸		
NET	۳۸/۳	۵۳/۱	-۳۵/۷	۸/۸	۴/۶	۲۲/۹	-۱۱/۳	۵۸	-۵۲/۲	-۴۷/۱	-۶۱/۹	۲۰/۹		
TCI	۶۱/۷۶													

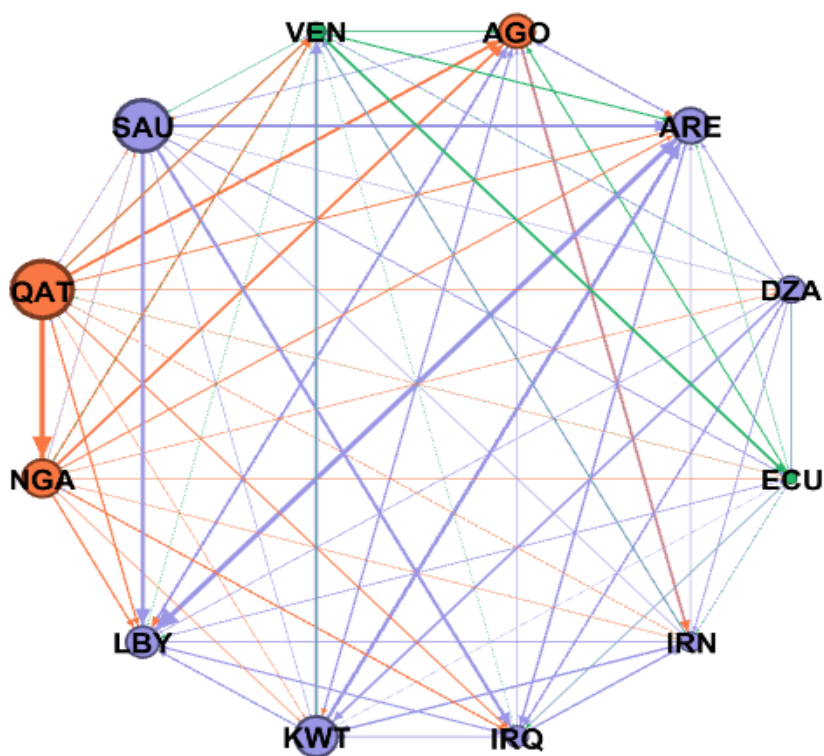
مأخذ: نتایج تحقیق

مقدار NET منفی نشان می‌دهد سرریز خالص دریافتی بالاتر از سرریز منتقل شده است. مقدار NET مثبت نشان می‌دهد که سرریز انتقالی بالاتر، از اثر سرریز دریافتی است. مقدار TCI (Total Connectedness Index) در این پژوهش ۶۱/۷۶ درصد است که عدد بزرگی است و نشان می‌دهد اثر سرریز در این کشورها قوی است. با استفاده از ماتریس اثر سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک، می‌توان شبکه سرریز انتشار گاز کربنیک در این کشورها را ترسیم کرد.

#### تئوری شبکه پیچیده

با استفاده از شاخص سرریز به دست آمده از شاخص سرریز دیبلد-ییلماز، شبکه پیچیده به شکل ۱ ترسیم شده است.

مطابق جدول ۱ سرریز انتشار گاز کربنیک، با استفاده از روش دیبلد-ییلماز، از کشور آنگولا به ایران ۶/۱ درصد، امارات متحده عربی ۶ درصد، الجزایر ۰/۸ درصد، اکوادور ۱/۹ درصد، عراق ۱ درصد، کویت ۱۲ درصد، لیبی ۵ درصد، نیجریه ۱/۴ درصد، قطر ۱ درصد، عربستان سعودی ۳/۳ درصد و ونزوئلا ۸/۸ درصد است. کویت بیشترین سرریز انتشار گاز کربنیک به ایران را دارد. بیشترین سرریز انتشار گاز کربنیک از ایران به کشور عراق و آنگولا است. مقدار Contribution to Others به معنی سرریز انتشار گاز کربنیک انتقالی است برای کشور امارات متحده عربی بیشترین مقدار است و به این معنی است که این کشور در بین کشورهای عضو اوپک بیشترین مقدار سرریز انتشار گاز کربنیک را دارد.



شکل ۱- شبکه اثر سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک

بیشترین مقدار Weighted Outdegree را دارد و در شبکه بزرگترین گره است و نشان می‌دهد این کشور اثر سرریز انتشار گاز کربنیک بیش‌تری در شبکه سرریز اثر انتشار گاز کربنیک دارد.

شکل ۱ بر اساس Weighted Outdegree رسم شده است و مطابق شکل، کشورهای QAT، NGA و AGO در یک خوشه و کشورهای ECU و VEN در یک خوشه و کشورهای IRN، KWT، LBY، SAU و ARE در یک خوشه از اثر سرریز انتشار گاز کربنیک قرار می‌گیرند. بر اساس شکل ۱ قطر

جدول ۲- شبکه اثر سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک

	Indegree	Outdegree	Degree	Weighted Indegree	Weighted Outdegree	Weighted Degree	Modularity
آنگولا	۱۱	۱۱	۲۲	۱۰۰/۱	۶۵/۹	۱۶۶	۲
امارات متحده	۱۱	۱۱	۲۲	۱۱۶/۱	۶۸/۸	۱۸۴/۹	۱
عربی	۱۱	۱۱	۲۲	۲۴/۷	۵۶/۸	۸۱/۵	۱
الجزایر	۱۱	۱۱	۲۲	۴۶	۳۶/۳	۸۲/۳	۰
اکوادور	۱۱	۱۱	۲۲	۵۳/۲	۴۷/۳	۱۰۰/۵	۱
ایران	۱۱	۱۱	۲۲	۷۹/۴	۴۹/۷	۱۲۹/۱	۱
عراق	۱۱	۱۱	۲۲	۵۶/۲	۷۵/۲	۱۳۱/۴	۱۱
کویت	۱۱	۱۱	۲۲	۱۱۸	۶۳	۱۸۱	۱
لیبی	۱۱	۱۱	۲۲	۴۷/۲	۷۱/۵	۱۱۸/۷	۲
نیجریه	۱۱	۱۱	۲۲	۲۴/۱	۹۸	۱۲۲/۱	۲
قطر	۱۱	۱۱	۲۲	۳۲/۲	۹۰/۶	۱۲۲/۸	۱
عربستان	۱۱	۱۱	۲۲	۷۰/۹	۴۵	۱۱۵/۹	۰
سعودی							
ونزوئلا							

مأخذ: نتایج تحقیق

کربنیک به ایران را دارد. بیش‌ترین سرریز انتشار گاز کربنیک از ایران به کشور عراق و آنگولا است. مقدار Contribution to Others که به معنی سرریز انتشار گاز کربنیک انتقالی است برای کشور امارات متحده عربی بیش‌ترین مقدار است و به این معنی است که این کشور در بین کشورهای عضو اوپک بیش‌ترین مقدار سرریز انتشار گاز کربنیک را دارد. مقدار NET منفی نشان می‌دهد سرریز خالص دریافتی بالاتر از سرریز منتقل شده است. مقدار NET مثبت نشان می‌دهد که سرریز انتقالی بالاتر، از اثر سرریز دریافتی است. مقدار TCI (Total Connectedness Index) در این پژوهش ۶۱/۷۶ درصد است که عدد بزرگی است و نشان می‌دهد اثر سرریز در این کشورها قوی است.

در نهایت با استفاده از تئوری شبکه پیچیده به بررسی این سرریز پرداخته شد. مطابق نتایج این پژوهش، مطابق نتایج، کشورهای آنگولا، اکوادور، ایران، عراق، لیبی و ونزوئلا، فرستنده سرریز انتشار گاز کربنیک و کشورهای کویت، نیجریه، قطر، عربستان و الجزایر، گیرنده سرریز انتشار گاز کربنیک هستند. کشور کویت، بیش‌ترین سرریز انتشار گاز کربنیک به ایران را دارد. بیش‌ترین سرریز انتشار گاز کربنیک از ایران به کشور عراق و آنگولا است. شاخص TCI ۶۱/۷۶ درصد است که نشان

بر اساس جدول ۲ کشورهای آنگولا، نیجریه و قطر در یک خوشه و کشورهای عربستان سعودی، لیبی، کویت، عراق، ایران، امارات متحده عربی و الجزایر در یک خوشه از اثر انتشار گاز کربنیک قرار می‌گیرند. کشور لیبی دارای بیش‌ترین مقدار Weighted Indegree است و فرستنده اثر انتشار گاز کربنیک و کشور قطر دارای بیش‌ترین مقدار Weighted Degree است و گیرنده اثر سرریز انتشار گاز کربنیک است.

## بحث

با توجه به این که کشورهای عضو اوپک، فروشنده نفت هستند و در مصرف انرژی‌های فسیلی، مزیت نسبی دارند و مصرف انرژی به انتشار گاز کربنیک منجر می‌شود، پس پژوهش در این زمینه ضرورت می‌یابد. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از روش دیبلد ییلماز سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک بررسی شد.

سرریز انتشار گاز کربنیک از کشور آنگولا به ایران ۶/۱ درصد، امارات متحده عربی ۶ درصد، الجزایر ۰/۸ درصد، اکوادور ۱/۹ درصد، عراق ۱ درصد، کویت ۱۲ درصد، لیبی ۵ درصد، نیجریه ۱/۴ درصد، قطر ۱ درصد، عربستان سعودی ۳/۳ درصد و ونزوئلا ۸/۸ درصد است. کویت بیش‌ترین سرریز انتشار گاز



11. **Barbier, E.B., 2010.** A Global Green New Deal: Rethinking the Economic Recovery. Cambridge University Press.
12. **Billio, M., Getmansky, M., Lo, A.W. and Pelizzon, L. 2012.** Econometric measures of connectedness and systemic risk in the finance and insurance sectors. *Journal of Financial Economics*, 104, 535–559.
13. **Brock W.A. and Taylor, M.S., 2003.** The kindergarten rule of sustainable growth. Working Paper 9597. NBER. Massachusetts
14. **Christmann, P. and Taylor, G., 2001.** Globalization and the environment: determinants of firm self-regulation in China. *J Int Bus Stud* 32(3):439–458.
15. **Diebold, F.X. and Yilmaz, K., 2010.** Better to give than to receive: predictive directional measurement of volatility spillovers. *Int. J. Forecast.* 28 (1), 57–66.
16. **Diebold, F.X. and Yilmaz, K., 2014.** On the network topology of variance decompositions:
17. **Diebold, F.X. and Yilmaz, K., 2015.** Trans-Atlantic equity volatility connectedness: US and on the ecological footprint concept for the EU countries. *Environ Sci Pol* 80:21–27.
18. **DOE, 2017.** Iran's third national communications to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Department of Environment, Iran.
19. Drezner, DW. (2000). Bottom feeders. *For Policy* 122(1):64–70.
20. **European Financial Institutions, 2004–2014.** *Journal of Financial Econometrics*, 14, 81–127.
21. **IPCC, 2013,** Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
22. **IPCC, 2020.** Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.]. Cambridge University Press. In Press.
23. **Ito, K., 2017.** CO<sub>2</sub> emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: evidence from panel data for developing countries. *International Economics*.
24. **Jackson, T., 2009.** Prosperity without Growth: Economics for a Finite Planet. Earthscan.
25. **Jaunky, V.C., 2011.** The CO<sub>2</sub> emissions-in comenexus: Evidence from rich countries. *Energy Policy*. 1228-1240.

می‌دهد اثر سرریز در این کشورها قوی است. قطر بزرگ‌ترین فرستنده اثر انتشار گاز کربنیک در شبکه اثر سرریز انتشار گاز کربنیک در کشورهای عضو اوپک می‌باشد. کشور لیبی دارای بیش‌ترین مقدار Weighted Indegree است و فرستنده اثر سرریز انتشار گاز کربنیک، کشور قطر دارای بیش‌ترین مقدار Weighted Degree است و گیرنده اثر سرریز انتشار گاز کربنیک است. این پژوهش به سیاست‌گذاران کمک می‌نماید تا با اتخاذ سیاست‌های مؤثرتر بپردازند.

## منابع

1. **Akram, V., 2022.** Spillover effect of greenhouse gas emissions across five major continents. *Environmental Science and Pollution Research*, 29:11634–11643.
2. **Antonakakis, N. and Badinger, H., 2015.** Economic growth, volatility, and cross-country spillovers: New evidence for the G7 countries. *Econ. Model* .
3. **Anvari, E. and Bagheri, S., 2017.** Environmental Kuznets curve test in the OPEC. *Journal of Environmental Studies*, 43(2), pp.317-327.
4. **Anvari, E., Bagheri, S. and Salahmanesh, A., 2017.** Effect of Crude Oil Consume on Co<sub>2</sub> Emissions in The OPEC Member Countries with Emphasis on Environmental Protection: A Generalized Method of Moment Approach.
5. **Anvari, E., Bagheri, S. and Salahmanesh, A., 2019.** Review and Forecast of Carbon Dioxide Gas in the Emission Sectors: The Case of Iran. *Environmental Researches*, 10(19), pp.147-155.
6. **Bagheri, S. and Ansari Saman, H., 2021.** Forecast carbon dioxide emissions from fossil fuel consumption and environmental changes: Case study of Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(3), pp.105-122.
7. **Bagheri, S. and Ansari Samani, H., 2020.** Investigating the relationship between carbon dioxide emission cycle and business cycle: A case study of Iran. *Journal of Iranian Economic Issues*, 7(2), pp.65-86.
8. **Bagheri, S. and Samani, H.A., 2018.** Forecast of carbon dioxide emissions in Iran and polluting sectors: Long-term memory approach
9. **Bagheri, S., 2021.** Effect Financial Development on the Environmental Pollution and Energy Consumption in the OPEC Countries. *Environment and Interdisciplinary Development*, 6(72), pp.63-78.
10. **Bagheri, S., 2022.** Analysing the CO<sub>2</sub> Emission Function in Iran. *Environment and Interdisciplinary Development*, 7(76), pp.61-73.

- sustainability. Introduction to this special issue. *J. Clean. Prod.* 18 (6) :511–518.
35. **Schuenemann, J.H., Ribberink, N. and Katenka, N., 2020.** Japanese and Chinese Stock Market Behaviour in Comparison – an analysis of dynamic networks. *Asia Pacific Management Review.* 25(2): 99-110.
  36. **Tenaw, D., 2021.** Getting into the details: structural effects of economic growth on environmental pollution in Ethiopia. *Heliyon.* 7:7.
  37. **The Outlook for Natural Gas, Electricity and Renewable Energy in Iran. 2017.**
  38. **Ulucak, R. and Apergis, N., 2018.** Does convergence really matter for the environment? An application based on club convergence and
  39. **You, W. and Lv, Z., 2018.** Spillover effects of economic globalization on CO<sub>2</sub> emissions: a spatial panel approach. *Energy Econ* 73(2018):248–257.
  40. **You, W. and Lv, Z., 2018.** Spillover effects of economic globalization on CO<sub>2</sub> emissions: a spatial panel approach. *Energy Econ.* 73(2018):248–257.
  41. **Zakarya, G.Y., Mostefa, M., Abbas, S.M. and Guellil, M.S., 2015.** Factors Affecting CO<sub>2</sub> Emissions in the BRICS Countries: A Panel Data Analysis. *Procedia Economics and Finance* 26:114 – 125.
  42. **Zhang, W, Zhuang, X. and Lu, Y., 2018.** Spatial spillover effects and risk contagion around G20 stock markets based on volatility network. *North American Journal of Economics and Finance.*
  26. **Kasman, A. and Duman, Y.S., 2015.** CO<sub>2</sub> emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A pane data analysis. *Economic Modelling,* 44 : 97–103.
  27. **Kellenberg, D.K., 2009.** An empirical investigation of the pollution haven effect with strategic environment and trade policy. *J Int Econ* 78(2):242–255.
  28. **Kito, T. and Ueda, K., 2014.** The implications of automobile parts supply network structures: A complex network approach. *CIRP Annals-Manufacturing Technology,* 63(1):393-396.
  29. **Lazăr, D., Minea, A. and Purcel, A.A., 2019.** Pollution and economic growth: Evidence from Central and Eastern European countries. *Energy Economics.* *Energy Economics* 81:1121–1131.
  30. Measuring the connectedness of financial firms. *Journal of Econometrics,* 182, 119–134.
  31. **Moghadam, H.E., Mohammadi, T., Kashani, M.F. and Shakeri, A., 2019.** Complex networks analysis in Iran stock market: The application of centrality. *Physica A.*
  32. **Panjeshahi, M., Moshiri, S., Atabi, F. and Lechtenböhmer, S., 2012.** Long Run Energy Demand in Iran: A Scenario Analysis. *Journal of Energy Sector Management, UK,* 6(1):120-144.
  33. **Romance, M., 2011.** Local estimates for eigenvector-like centralities of complex networks. *Journal of Computational and Applied Mathematics.* 7(235): 1868-1874.
  34. **Schneider, F., Kallis, G. and Martinez-Alier, J., 2010.** Crisis or opportunity? Economic degrowth for social equity and ecological





## Carbon Dioxide Emission Spillover in the OPEC Member Countries

Samaneh Bagheri<sup>1\*</sup>

**1\*- Department of Economics, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran.**

**Original Article**

**Received:**  
2022.08.01

**Accepted:**  
2023.01.06

**Keywords:**  
Spillover Effect,  
Emission of  
Carbon Dioxide  
Gas,  
Diebold-Yilmaz  
Spillover Index

### Abstract

**Introduction:** The industrial revolution not only started a new era of rapid economic growth in countries, but also brought modern phenomena such as global warming and climate change. One of the main aspects of the industrial revolution is the transformation of the world economy into fossil fuel-based economies. The use of fossil fuels continuously disrupts the level of carbon in the atmosphere and thus keeps the heat in the atmosphere. Due to the fact that OPEC member countries are oil sellers and have a relative advantage in fossil energy consumption, and energy consumption leads to the emission of carbon dioxide, so research in this field is necessary.

**Materials and Method:** In this research, carbon dioxide emission spillover in OPEC member countries was investigated using Diebold - Yilmaz method. Then, using complex network theory, the spillover network in OPEC member countries was investigated.

**Results:** Carbon dioxide emission spillover from Angola to Iran 6.1%, United Arab Emirates 6%, Algeria 0.8%, Ecuador 1.9%, Iraq 1%, Kuwait 12%, Libya 5%, Nigeria 1.4%, Qatar is 1%, Saudi Arabia is 3.3% and Venezuela is 8.8%. Kuwait has the most spillover of carbon dioxide emission to Iran. The most spillover of carbon dioxide emissions from Iran is to Iraq and Angola. The value of Contribution to others, which means the spillover of carbon dioxide emissions, is the highest for the United Arab Emirates, which means that this country has the highest amount of carbon dioxide emissions among the OPEC member countries. A negative NET value indicates that the net spillover received is higher than the spillover transferred. A positive NET value indicates that the transmitted spillover is greater than the effect of the received spillover. The value of TCI (total connectedness index) in this research is 61.76%, which is a large number and shows that the spillover effect is strong in these countries. Finally, this spillover was investigated using complex network theory.

**Discussion:** According to the results of this study, the countries of Angola, Ecuador, Iran, Iraq, Libya and Venezuela are the senders of carbon dioxide emissions and the countries of Kuwait, Nigeria, Qatar, Saudi Arabia and Algeria are the receivers of carbon dioxide emissions. The country of Kuwait has the most spillover of carbon dioxide emission to Iran. The most spillover

of carbon dioxide emissions from Iran is to Iraq and Angola. The TCI index is 61.76%, which shows that the spillover effect is strong in these countries. Qatar is the largest emitter of carbon dioxide emissions in the network of carbon dioxide emissions spillover in OPEC member countries. The country of Libya has the highest value of weighted indegree, and the sender of the spillover effect of carbon dioxide emissions, the country of Qatar has the highest value of weighted degree. A complex network shows spillover relationships between edges. Qatar, Nigeria and Algeria countries are in one cluster and Ecuador and Venezuela countries are in one cluster and Iran, Iraq, Kuwait, Libya, Saudi Arabia and United Arab Emirates countries are in one cluster due to the spillover effect of carbon dioxide emissions. Degree, outdegree and indegree values are the same for all countries.