مستخرج از پایان نامه

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره نه، آذرماه ۱۴۰۲(۱۲۹-۱۱۱)

واکنش انتشار دی اکسید کربن به شوک‌های تولید در آلوده‌کننده‌های بزرگ آسیایی[۱]

سمیه اعظمی[۲]*

s.azami@razi.ac.ir

فاطمه عباسی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۲۲**

چکیده

زمینه و هدف: مطابق با تساوی کایا، میان انتشار دی اکسید کربن (CO_2) و تولید ارتباط وجود دارد. هدف این مطالعه بررسی تاثیر غیرخطی و یا نامتقارن شوک های تولید بر انتشار CO_2 است.

روش بررسی: به منظور بررسی واکنش انتشار دی اکسید کربن به شوک‌های تولید در آلوده‌کننده‌های بزرگ آسیایی؛ هند، ژاپن، ایران، عربستان سعودی و کره جنوبی در فاصله زمانی ۲۰۲۰-۱۹۶۰ از الگوی ARDL پانل غیر خطی استفاده می‌شود.

یافته ها: بررسی مسیر زمانی نشان می دهد که انتشار CO_2 و تولید ناخالص داخلی کشورها با هم در حال حرکت هستند. آزمون ها، بیانگر وجود ارتباط بلندمدت میان این دو متغیر است. آزمون علیت غیرخطی حاکی از وجود رابطه علی یک طرفه از شوک‌های مثبت و منفی تولید به انتشار CO_2 است. برآورد الگوی PNARDL حاکی از آن است که در بلندمدت، انتشار CO_2 با افزایش تولید افزایش و با کاهش تولید کاهش می‌یابد. پویایی‌های کوتاه‌مدت نشان می‌دهد شوک‌های مثبت تولید دوره جاری و دوره گذشته منجر به افزایش معنی‌دار انتشار CO_2 می‌گردد. شوک‌های منفی تولید دوره جاری و دوره گذشته(با وقفه) به ترتیب باعث افزایش و کاهش معنی‌دار انتشار CO_2 می‌گردد. برآورد ضریب سرعت تعدیل بیانگر آن است که تعدیل به سمت تعادل بلندمدت با کندی صورت می‌گیرد.

بحث و نتیجه گیری: بررسی ارتباط میان تولید و انتشار CO_2، نقش مهمی را در سیاست‌گذاری‌های زیست محیطی ایفا می‌کند. سرعت تعدیل (از کوتاه‌مدت به بلندمدت) کند و تاثیر کوتاه‌مدت شوک‌های منفی تولید دوره جاری بر انتشار باید مورد توجه سیاست‌گذاران زیست محیطی کشورهای مورد مطالعه قرار گیرد. در شرایط کاهش تولید سیاست‌های سخت‌گیرانه زیست محیطی نباید سریعاً متوقف

۱- این مقاله مأخوذ از پایان‌نامه کارشناسی ارشد خانم فاطمه عباسی با راهنمایی خانم دکتر سمیه اعظمی است.

۲- دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- کارشناس ارشد گروه اقتصاد، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

گردد. با توجه به تأثیر مثبت و معنی دار شوک های مثبت تولید بر انتشار در کوتاه مدت و در بلندمدت، افزایش کارایی انرژی و افزایش سهم انرژی های تجدید پذیر در کل مصرف انرژی کشورها (جایگزینی انرژی تجدیدپذیر به جای انرژی فسیلی) توصیه می گردد.

واژه‌های کلیدی: تخریب محیط زیست، انتشار دی اکسید کربن، تولید، الگوی PNARDL، عدم تقارن.

J. Env. Sci. Tech., Vol 25, No.9, December, 2023

Response of Carbon Dioxide Emissions to Output Shocks in Large Asian Emitters[1]

Somayeh Azami[2] *
s.azami@razi.ac.ir
Fatemeh Abbasi[3]

Admission Date:September 13, 2023 Date Received: March 14, 2023

Abstract

Background and Objective: According to Kaya's identity, there is a relationship between carbon dioxide (CO_2) emission and output. The aim of this study is to investigate the non-linear or asymmetric effect of output on CO_2 emissions.

Material and Methodology: The PNARDL model is used to investigate the response of carbon dioxide emissions to output shocks in major Asian polluters; India, Japan, Iran, Saudi Arabia and South Korea in the time interval of 1960-2020.

Findings: Examining the time path shows that CO2 emissions and GDP of countries are co-movement. The tests show the long-run relationship between these two variables. The non-linear causality test indicates the existence of a one-way causal relationship from positive and negative output shocks to CO_2 emissions. In the long-run, CO_2 emissions increase as output increases and decrease as output decreases. Short-run dynamics show that positive output shocks of the current and past period significantly lead to an increase in CO_2 emissions. Negative output shocks of the current and past periods significantly increase and decrease CO_2 emissions, respectively. The estimation of the adjustment speed coefficient indicates that the adjustment towards the long-run equilibrium is slow.

Discussion and Conclusion: Investigating the relationship between output and CO_2 emissions plays an important role in environmental policies. The speed of adjustment (from short-run to long-run) is slow and the short-run impact of negative output shocks of the current period on emissions should be taken into consideration by the environmental policy makers of the studied countries. In the conditions of output reduction, strict environmental policies should not be stopped immediately. Considering the positive and significant effect of positive production shocks on emissions in the short-run and in the long-run, it is recommended to increase energy efficiency and increase the share of renewable energy in the total energy consumption of countries (substitution of renewable energy instead of fossil energy).

Keywords: Environmental degradation, Carbon dioxide emissions, Output, PNARDL model, Asymmetry.

1- This paper is derived from the master thesis of Fatemeh Abbasi, under supervision of Dr. Somayeh Azami.
2- Associate Professor, Department of Economics, Razi University, Kermanshah, Iran. *(*Corresponding Author*)
3- M.A. student, Department of Economics, Razi University, Kermanshah, Iran.

مقدمه

در دهه‌های اخیر افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی نامطلوب مانندگرم شدن کره زمین نگرانی‌های زیادی را برای کشورهای جهان فراهم آورده است. رشد اقتصادی و افزایش جمعیت از جمله مهم‌ترین عوامل افزایش دی اکسید کربن می‌باشند و طی چند سال اخیر سهم رشد اقتصادی افزایش چشم‌گیری یافته است(۱).

امروزه، یکی از مهم ترین اهداف جوامع رشد اقتصادی است. هدف اساسی کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه رسیدن به رشد اقتصادی مطلوب برای گذار از شرایط موجود هستند. از نقطه نظر توسعه پایدار، این نگرانی وجود دارد که افزایش رشد اقتصادی مسائل و مشکلاتی برای محیط زیست به بار آورد. هرچند توجه به رشد و توسعه اقتصادی، درآمد سرانه و رفاه بیشتر، دغدغه اصلی جوامع می‌باشد اما نگرانی از آلودگی و پیامدهای زیست محیطی یکی از چالش‌های اصلی جهان امروز است. به طوری که امروزه کشورها به اهمیت کیفیت محیط زیست پی برده و بر حسب نیاز برخی قوانین را در سطح ملی وضع می نمایند و یا در تنظیم توافقنامه‌های بین‌المللی(مانند توافقنامه پاریس و پروتکل کیوتو) مشارکت می نمایند. طی سال‌های اخیر با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای دمای کره زمین در حال افزایش می‌باشد. گرمایش زمین عامل بسیاری از تغییرات اقلیمی مانند سیل، خشکسالی و طوفان‌های شدید حاره‌ای است. این امکان وجود دارد که با افزایش دمای کره زمین و بالا آمدن سطح آب‌ها بسیاری از کشورهای جزیره‌ای زیر آب روند. انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه انتشار دی اکسید کربن، یکی از دلایل اصلی گرم شدن کره زمین به شمار می‌رود. دی اکسید کربن منتج از تولیدات صنعتی، احتراق اتوموبیل و موتور سیکلت و عوامل دیگر است.

در بیشتر موارد (به عنوان مثال IPCC و اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده)، اتحاد کایا(۲) برای پیش‌بینی انتشار استفاده می‌شود. در اتحاد کایا، انتشار دی اکسید کربن با حاصلضرب جمعیت، تولید ناخالص داخلی سرانه، شدت انرژی و شدت کربن انرژی برابر است. مطالعات انجام شده حاکی از وجود ارتباط قوی بین فعالیت‌های اقتصادی و مصرف انرژی است، چرا که انرژی به عنوان نیرو محرکه فعالیت‌های اقتصادی جایگاه ویژه‌ای در رشد و توسعه اقتصادی دارد و از سوی دیگر موجب انتشار دی اکسید کربن می‌شود.

کوزنتس[۳] بیان نمود یک ارتباط U معکوس میان درآمد سرانه و نابرابری درآمد وجود دارد. در دهۀ ۱۹۹۰، گروسمن و کروگر[۴] نشان دادند بین شاخص‌های مختلف تخریب محیط زیست و درآمد سرانه یک ارتباط U معکوس(شبیه منحنی کوزنتس اولیه) وجود دارد و پانایاتو(۵) این منحنی را منحنی زیست محیطی کوزنتس(EKC[۴]) نامید. در مراحل اولیۀ صنعتی شدن، افزایش تولید منجر به افزایش انتشار آلاینده ها می شود، اما در مراحل بعدی، با افزایش درآمد سرانه انتشار آلاینده ها کاهش می یابد.

گروه دیگری از مطالعات به بررسی واکنش انتشار دی اکسید کربن به چرخه‌های تجاری می‌پردازند. هیوتل[۵](۶) به بررسی چگونگی واکنش سیاست بهینه محیط زیست به چرخه‌های تجاری در اقتصاد امریکا در بازه زمانی ۱۹۸۱-۲۰۰۳ می‌پردازد. وی نشان می دهد در دوره رونق اقتصادی انتشار CO_2 افزایش و در دوره رکود اقتصادی انتشار CO_2 کاهش می یابد. یورک[۶] (۷) بیان می‌کند که رابطه بین افزایش و کاهش در تولید ناخالص داخلی و و انتشار دی اکسید کربن نامتقارن است. دودا[۷] (۸) با داده‌های مربوط به انتشار CO_2 و تولید ناخالص داخلی[۸] برای ۱۲۲ کشور در بازه زمانی ۱۹۵۰-۲۰۱۱ نشان می دهد که انتشار گازهای گلخانه‌ای هم چرخه‌ای هستند(در دوره رونق اقتصادی انتشار CO_2 افزایش و در دوره رکود اقتصادی انتشار CO_2 کاهش می یابد).

1- Kaya identity

2- Kuznets
3- Grossman and Kruger
4- Environmental Kuznets Curve
5- Heutel
6- York
7- Doda
8- Gross Domestic Production(GDP)

شهیدالزمان و لایتون[1](۹) تغییر انتشار گازهای گلخانه‌ای را در دوران رکود و رونق اقتصادی ایالات متحده بررسی می کنند. آنها نشان می دهند انتشار گازهای گلخانه‌ای و شدت آن در رکود بسیار سریع‌تر از افزایش در رونق، کاهش می‌یابد. کلارل[2] (۱۰) با استفاده از روش مارکوف سوئیچینگ واکنش انتشار CO_2 به چرخه تجاری در ایالات متحده را مطالعه می کند و نشان می‌دهد که انتشار CO_2 هم‌چرخه‌ای است، اما کشش انتشار نسبت به تولید ناخالص داخلی به طور چشمگیری وابسته به رژیم (رونق، رکود و نرمال) است. خان و همکاران[3](۱۱) نشان می‌دهند انتشار دی اکسید کربن در ایالات متحده در سطح بالایی هم چرخه هستند؛ در دوران رونق افزایش و دوران رکود کاهش می‌یابد. شلدون[4](۱۲) با استفاده از داده‌های فصلی به بررسی نحوه اثرگذاری چرخه تجاری بر پیش‌بینی انتشار گازهای گلخانه‌ای ایالات متحده می پردازد و نشان می دهد که فرض ثابت بودن کشش انتشار گازهای گلخانه‌ای نسبت به تولید ناخالص داخلی صحیح نیست. همچنین، سرعت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (هنگام کاهش تولید) سریع‌تر از سرعت افزایش آن (هنگام افزایش تولید) است.

کوهن و همکاران[5](۱۳) در پژوهشی در چین با استفاده از روش جداسازی[6] انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) و تولید ناخالص داخلی واقعی (GDP) نشان دادند انتشار دی اکسید کربن در دوران رونق افزایش می‌یابد بیشتر از زمانی که در دوران رکود کاهش می‌یابد.

کلارل (۱۴) در مطالعه‌ای با استفاده از رویکرد مارکوف سوئیچینگ در بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۷۳ در کشور امریکا نشان داد کشش انتشار گازهای گلخانه‌ای با توجه به GDP در گذر زمان ثابت نیست. کشش انتشار نسبت به تولید به طور قابل توجهی در طول دوره رکود بیشتر از دوره عادی (نرمال) است.

سرور و همکاران[7](۱۵) به بررسی رفتار انتشار گاز گلخانه‌ای در چرخه‌های تجاری کشورهای آسیای جنوبی که به شدت تحت تاثیر گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی هستند برای دوره ۲۰۱۵-۱۹۹۰ پرداختند. نتایج نشان داد که انتشار دی اکسید کربن هم چرخه است. آن‌ها از SVAR و VECM برای بررسی واکنش انتشار CO_2 و GHGs به شوک بهره‌وری عوامل برای کشورهای بنگلادش، هند، سریلانکا و پاکستان استفاده کردند و نتایج نشان می‌دهد که در هند و بنگلادش بهبود فناوری منجر به کاهش CO_2 خواهد شد در حالی که در پاکستان و سریلانکا، منجر به افزایش دائمی انتشار CO_2 خواهد شد و نتایج نشان داد که هر کشور باید سیاست‌های زیست محیطی موثری را با درنظر گرفتن واقعیت‌های اقتصادی خود تدوین کند. جنک و همکاران[8](۱۶) به بررسی اثر کوتاه مدت و بلندمدت نوسانات رشد اقتصادی بر انتشار دی اکسید کربن در ترکیه می پردازند. نتایج برآورد ARDL نشان می‌دهد که یک رابطه بلندمدت بین CO2، تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی، مصرف سرانه انرژی و نوسانات رشد اقتصادی وجود دارد. رشد اقتصادی و مصرف انرژی باعث افزایش انتشار دی اکسید کربن می شود، در حالی که نوسانات رشد اقتصادی باعث کاهش انتشار CO2 در بلندمدت می شود. علاوه بر این، نوسانات رشد اقتصادی باعث کاهش انتشار CO2 در کوتاه‌مدت نیز می‌شود. همچنین EKC در ترکیه معتبر است. این امر در مورد ترکیه حاکی از آن است که دستیابی به ثبات کلان تحت یک "انتقال عادلانه" برای دستیابی به منافع اقتصادی و زیست محیطی از تصویب موافقت نامه های بین المللی مانند توافقنامه پاریس و قرارداد سبز اتحادیه اروپا کلیدی است. اونوفری و همکاران[9] (۱۷) به بررسی پویایی رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار CO2 در ۲۷ کشور عضو اتحادیه اروپا در یک پانل برای دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۷ می‌پردازند. نتایج حاکی از وجود رابطه بلندمدت بین رشد اقتصادی و انتشار CO2 در کشورهای اتحادیه اروپا است و افزایش تولید ناخالص داخلی منجر به افزایش انتشار CO2

1- Shahiduzzaman & Layton
2- Klarl
3- Khan et al.
4- Sheldon
5- Cohen et al.
6- Decoupling
7- Sarwar et al.
8- Genc et al.
9- Onofrei et al.

می شود. این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که سطوح درآمد بالاتر منجر به افزایش تقاضا برای حفاظت از محیط‌زیست می‌شود و بر نیاز به طراحی سیاست‌های زیست‌محیطی که قادر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های رشد اقتصادی هستند تأکید می‌کند.

با توجه به اهمیت کیفیت محیط زیست، پرداختن به موضوعات و مسایل زیست محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این زمینه بررسی ارتباط میان تولید و میزان انتشار دی اکسید کربن، نقش مهمی را در سیاست‌گذاری‌های زیست محیطی ایفا می‌کند. بنابراین، براساس آنچه گفته شد ضرورت دارد تأثیر تولید بر انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گیرد که نتایج این بررسی در مطالعه رابطه تولید با سیاست‌های زیست محیطی مورد نیاز و توجه می‌باشد. این موضوع ما را به سمت پاسخگویی به این سوال هدایت می‌کند که شوک‌های تولید چگونه آلودگی زیست محیطی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. از این روی، در این مطالعه به بررسی واکنش انتشار CO_2 به شوک‌های تولیدی در کشورهای آسیایی با سهم انتشار دی اکسید کربن بالا؛ هند، ژاپن، ایران، کره جنوبی و عربستان سعودی پرداخته می‌شود. در سال ۲۰۱۷ هند با سهم انتشار ۶/۸٪ حایز رتبه سه، ژاپن با سهم انتشار ۳/۳٪ حایز رتبه پنجم، ایران با سهم انتشار ۱/۹٪ حایز رتبه هفتم، عربستان سعودی با سهم انتشار ۱/۸٪ حایز رتبه هشتم، کره جنوبی با سهم انتشار ۱/۷٪ حایز رتبه نهم در میان کشورهای جهان می‌باشند. این کشورها در رتبه‌بندی کشورهای جهان بر اساس سهم انتشار رتبه کمتر از ۱۰ دارند و سهم‌های انتشار آنها اختلاف بسیار زیاد ندارند(۱۸). چین با سهم انتشار ۲۷/۲٪ حایز رتبه یک می‌باشد و با توجه به اختلاف بسیار زیاد سهم انتشار این کشور با کشورهای آسیایی منتخب در این مطالعه در نظر گرفته نشد. از چند جنبه می توان به اهمیت این مطالعه توجه کرد. اولاً، کشورهای مورد مطالعه کشورهایی هستند که رتبه بندی آنها در جهان بر حسب انتشار دی اکسید کربن وضعیت نامناسبی است. ثانیاً، در این مطالعه از الگوی خود رگرسیون با وقفه‌های توزیعی پانل غیر خطی (PNARDL)[1] استفاده شده است. این الگو این امکان را فراهم می کند که واکنش متغیر وابسته(انتشار) به متغیر توضیحی(تولید) هم با در نظر گرفتن دوره زمانی کوتاه مدت و بلندمدت و هم با در نظر گرفتن تغییرات مثبت و منفی(شوک های مثبت و منفی) متغیر توضیحی برآورد شود. هر دو ویژگی در مباحث اقتصاد سنجی و مقوله برآورد مدل بسیار حایز اهمیت هستند. چرا که می توانند منجر به ارایه نتایج متفاوتی شوند و این برای سیاستگزاران با اهیمت است. در پایان، هدف مطالعه بررسی واکنش انتشار دی اکسید کربن به شوک‌های تولید در آلوده‌کننده‌های بزرگ آسیایی است.

روش پژوهش

همان طور که اشاره شد در این تحقیق از الگوی خود رگرسیون با وقفه‌های توزیعی پانل غیر خطی (PNARDL) استفاده شده است. مدل ARDL غیرخطی یک تکنیک جدید برای تشخیص روابط غیرخطی و نامتقارن بین متغیرهای اقتصادی در بلندمدت و کوتاه‌مدت است که توسط شین و همکاران[2](۱۹) ارائه شده است و در واقع گسترش یافته مدل ARDL خطی است. در این روش معرفی مجموع مؤلفه‌های مثبت و منفی متغیرها این امکان را فراهم می‌کند که تأثیر نامتقارن متغیرهای توضیحی در کوتاه‌مدت و بلندمدت شناسایی شوند. ویژگی‌های مدل ARDL غیرخطی امکان ارایه تحلیل مشترکی از مسائل مربوط به نامانایی و غیرخطی بودن در مدل تصحیح خطای نامقید فراهم می‌کند. پسران و شین[3](۲۰) و پسران و همکاران[4](۲۱) تکنیکی برای تخمین پانل‌های پویای غیرایستا ارائه کردند و آن را به عنوان گروه میانگین ادغام شده (PMG) یا پانل اتو رگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) نامیدند. PMG برای تخمین ارتباط بلندمدت و کوتاه‌مدت بین متغیرها و همچنین برای بررسی موضوع پویایی ناهمگن در سراسر کشورها استفاده می‌شود. شین و همکاران (۱۹) چارچوبی را

1- Panel Non-linear ARDL
2- Shin et al.
3- Pesaran and Shin
4- Pesaran et al.

برای ARDL غیرخطی بر اساس مدل خطی ARDL پسران و شین(۲۲) و پسران و همکاران(۲۳) ارائه کردند.

این مطالعه ترکیبی از متدولوژی NARDL شین و همکاران (۱۹) و متدولوژی پانل ARDL پسران و همکاران (۲۱) است. از این‌رو، روش PNARDL دارای سه ویژگی برتر نسبت به ARDL غیر خطی و ARDL پانل است. ابتدا، عدم تقارن‌های غیرخطی در داده‌ها را اندازه‌گیری می‌کند. دوم، اثر ناهمگونی را در داده‌ها اندازه‌گیری می‌کند. در نهایت، در حضور مرتبه ترکیبی متغیرها مناسب‌تر است.

۲-۱- مدل ARDL پانل خطی

شکل کلی مدل PMG یا پانل ARDL را می‌توان به صورت زیر مشخص کرد:

$$Y_{it} = \sum_{j=1}^{p} \lambda_{ij}\, Y_{i,\ t-j} + \sum_{j=0}^{q} \acute{\delta_{ij}}\, X_{i,\ t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \qquad (۱)$$

که Y_{it} متغیر وابسته، $X_{i,t}$ بردار $(k \times 1)$ متغیرهای توضیحی، μ_i اثرات ثابت، λ_{ij} ضریب متغیر وابسته تاخیری، $\acute{\delta_{ij}}$ $(k \times 1)$ بردار ضریب متغیر های مستقل، ε_{it} جمله خطا، $i(1,2,\dots N)$ تعداد مقطع، $t(1,2,\dots T)$ تعداد زمان. مدل بالا را می‌توان مجدداً به عنوان یک مدل تصحیح خطای برداری پارامتری کرد:

$$\Delta Y_{it} = \theta_i ECT_{it} + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_{ij}\, \Delta Y_{i,\ t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \acute{\delta}_{ij}\, \Delta X_{i,\ t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \qquad (۲)$$

$$ETC_{it} = \phi_i Y_{i,\ t-1} - \acute{\beta}_i X_{i,t} \qquad (۳)$$

جمله تصحیح خطا (ECT) پارامتر θ_i سرعت تعدیل را فراهم می‌کند. ETC نرخ تعدیل متغیر را به سمت تعادل بلند مدت نشان می‌دهد، در حالی که علامت منفی همگرایی را در کوتاه مدت فراهم می‌کند.

۲-۲- مدل ARDL پانل غیر خطی (PNARDL)

شین و همکاران (۲۰۱۴) از روش گرنجر و یون[1](۲۴) و شردت[2](۲۵) برای تجزیه یک متغیر ثابت به تغییرات مثبت و منفی پیروی کردند. بنابراین برای متغیر X دو جزء که مجموع جزئی متغیرها هستند عبارتند از:

1- Pesaran et al.
2- Granger and Yoon

$$X^{+}=\sum_{j=1}^{t}\Delta X_j^{+}=\sum_{j=1}^{t}\max(\Delta X_{j,}0) \quad (۴)$$

$$X^{-}=\sum_{j=1}^{t}\Delta X_j^{-}=\sum_{j=1}^{t}min(\Delta X_{j,}0) \quad (۵)$$

ارتباط بلندمدت بین Y و X در یک چارچوب غیرخطی به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$Y_t=\beta^{+}X_t^{+}+\beta^{-}X_t^{-}+\mu_t \quad (۶)$$

$$X_t=X_0+X_t^{+}+X_t^{-} \quad (۷)$$

که در آن β^{+} و β^{-} پارامترهای بلندمدت هستند و X^{+} و X^{-} اسکالرهای حاصل از تجزیه مجموع جزئی هستند. بنابراین مدل PNARDL را می‌توان به صورت زیر مشخص کرد:

$$\Delta Y_{it}=\theta_i ECT_{it}+\sum_{j=1}^{p-1}\lambda_{ij}\,\Delta Y_{i,\ t-j}+\sum_{j=0}^{q-1}\left(\acute{\delta}_{ij}^{+}\Delta X_{i,\ t-j}^{+}+\acute{\delta}_{ij}^{-}\Delta X_{i,\ t-j}^{-}\right)+\mu_i+\varepsilon_{it} \quad (۸)$$

$$ECT_{it}=\phi_i Y_{i,t-1}-\left(\acute{\beta}_i^{+}X_{i,t}^{+}+\acute{\beta}_i^{-}X_{i,t}^{-}\right) \quad (۹)$$

۲-۳- آزمون علیت گرنجری نامتقارن

وجود ارتباط بلندمدت میان متغیرها بدان مفهوم است که علیت باید حداقل در یک جهت وجود داشته باشد. به منظور جستجوی رابطه علی میان متغیرها، آزمون علیت گرنجری با تخمین مدل VAR زیر در این تحقیق انجام می شود.

$$y_{it}=a_0+a_1y_{it-1}+\ldots\ldots\ldots\ldots+a_py_{it-p}+b_1x_{it-1}+\ldots\ldots\ldots\ldots+b_px_{it-p}+u_{it} \quad (۱۰)$$
$$x_{it}=c_0+c_1x_{it-1}+\ldots\ldots\ldots\ldots+c_px_{it-p}+d_1y_{it-1}+\ldots\ldots\ldots\ldots+d_py_{it-p}+v_{it}$$

آزمون $H_0:b_1=b_2=\ldots\ldots\ldots=b_p=0$ در مقابل $H_A:not\,H_0$ آزمون "x_{it} علیت گرنجری y_{it} نیست" است. همچنین، آزمون $H_0:d_1=d_2=\ldots\ldots\ldots=d_p=0$ در مقابل $H_A:not\,H_0$ آزمون "y_{it} علیت گرنجری x_{it} نیست" است. در هر مورد رد فرضیه صفر بیانگر علیت گرنجری میان متغیرها است. همه نتایج ممکن تجزیه و تحلیل عبارتند از: علیت گرنجری یک طرفه از متغیر y_{it} به x_{it}، علیت گرنجری یک طرفه از متغیر x_{it} به y_{it}، علیت گرنجری دو طرفه و عدم وجود رابطه علی. در آزمون علیت نامتقارن داریم:

$$y_{it}=a_0+a_1y_{it-1}+\ldots\ldots\ldots\ldots+a_py_{it-p}+b_1x^{+}_{it-1}+\ldots\ldots\ldots\ldots+b_px^{+}_{it-p}+u_{it} \quad (۱۱)$$
$$x^{+}_{it}=c_0+c_1x^{+}_{it-1}+\ldots\ldots\ldots\ldots+c_px^{+}_{it-p}+d_1y_{it-1}+\ldots\ldots\ldots\ldots+d_py_{it-p}+v_{it}$$
$$y_{it}=a_0+a_1y_{it-1}+\ldots\ldots\ldots\ldots+a_py_{it-p}+b_1x^{-}_{it-1}+\ldots\ldots\ldots\ldots+b_px^{-}_{it-p}+u_{it} \quad (۱۲)$$
$$x^{-}_{it}=c_0+c_1x^{-}_{it-1}+\ldots\ldots\ldots\ldots+c_px^{-}_{it-p}+d_1y_{it-1}+\ldots\ldots\ldots\ldots+d_py_{it-p}+v_{it}$$

نتایج و بحث

در این تحقیق برای بررسی واکنش انتشار دی‌اکسیدکربن به تولید در کشورهای منتخب آسیایی از الگوی PNARDL ارائه شده توسط شین و همکاران (۲۰۱۴) استفاده شده است. با استفاده از این مدل می‌توان اثرات شوک‌های مثبت و منفی تولید ناخالص داخلی بر انتشار دی‌اکسیدکربن را به تفکیک دوره کوتاه‌مدت و بلندمدت مورد بررسی قرار داد. مدل اصلی تحقیق مدل زیر می‌باشد:

$$\Delta CO_{2_{it}} = \beta_{0i} + \beta_{1i} CO_{2_{i,t-1}} + \beta_{2i} GDP_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_{ij}\, \Delta CO_{2_{i,\ t-j}} + \sum_{j=0}^{q-1} \left(\acute{\delta}_{ij}^{+} \Delta GDP_{i,\ t-j}^{+} + \acute{\delta}_{ij}^{-} \Delta GDP_{i,\ t-j}^{-}\right) + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

$$\Delta CO_{2_{it}} = \theta_i ECT_{it} + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_{ij}\, \Delta CO_{2_{i,\ t-j}} + \sum_{j=0}^{q-1} \left(\acute{\delta}_{ij}^{+} \Delta GDP_{i,\ t-j}^{+} + \acute{\delta}_{ij}^{-} \Delta GDP_{i,\ t-j}^{-}\right) + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

$$ECT_{it} = \phi_i CO_{2_{i,t-1}} - \left(\acute{\beta}_i^{+} GDP_{i,t}^{+} + \acute{\beta}_i^{-} GDP_{i,t}^{-}\right) \qquad (۱۳)$$

۱- مروری بر داده

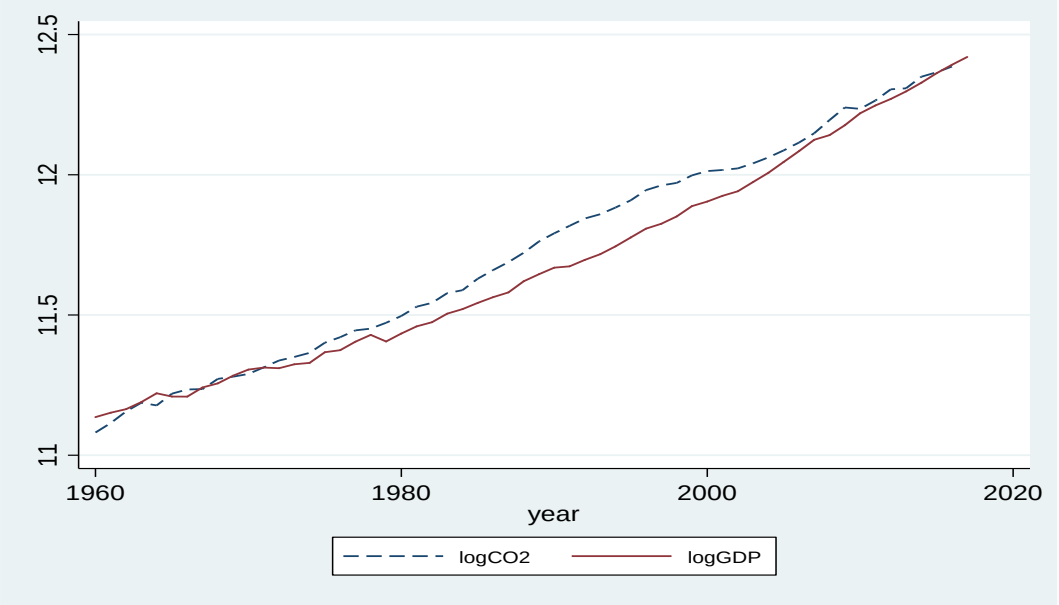
کشورهای منتخب آسیایی در این مطالعه آلوده‌کننده‌های بزرگ آسیایی؛ هند، ژاپن، ایران، عربستان سعودی و کره جنوبی است. داده متغیرهای پژوهش سالانه و در دوره زمانی ۲۰۲۰-۱۹۶۰ جمع‌آوری شده‌اند. جدول ۱ توصیف آماری متغیرهای الگو و منبع داده های پژوهش را گزارش می‌دهد.

جدول ۱- توصیف آماری متغیرهای الگو و منبع داده

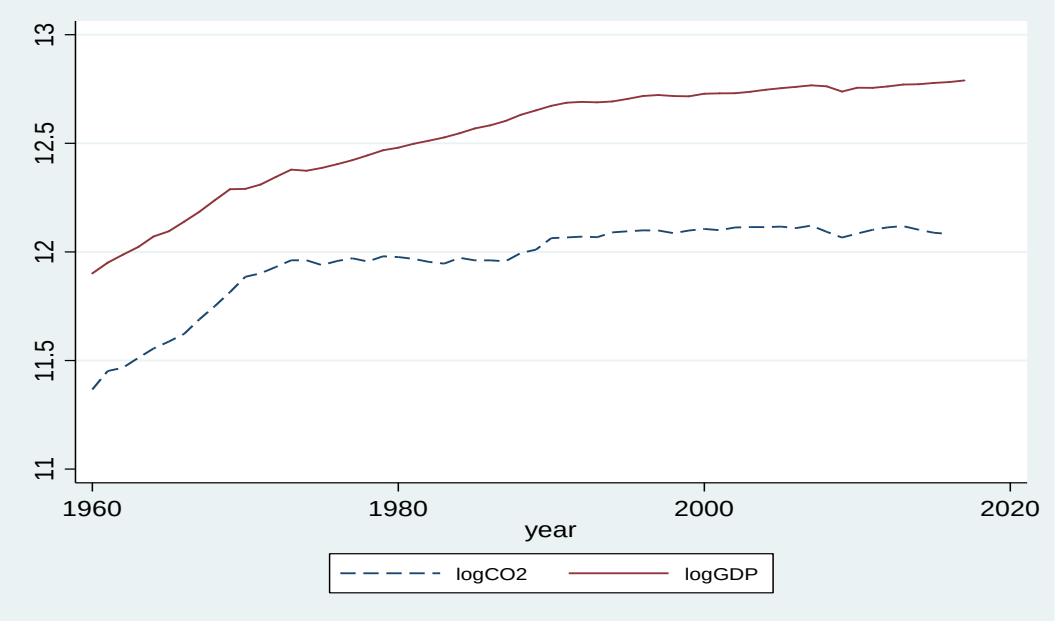
Table 1. Statistical description of variables and data source

متغیر	تعداد مشاهدات	تعریف	واحد	منبع داده	میانگین	انحراف معیار
CO_2	۳۰۰	انتشار دی اکسید کربن	سرانه تن	سایت اطلس	۶/۶۷۳۹	۵/۳۰۵۵
GDP	۲۸۸	تولید ناخالص داخلی	برحسب دلارآمریکا۲۰۱۰، سرانه	بانک جهانی	۱۴۲۶۱/۳۴	۱۳۸۹۶/۲۹

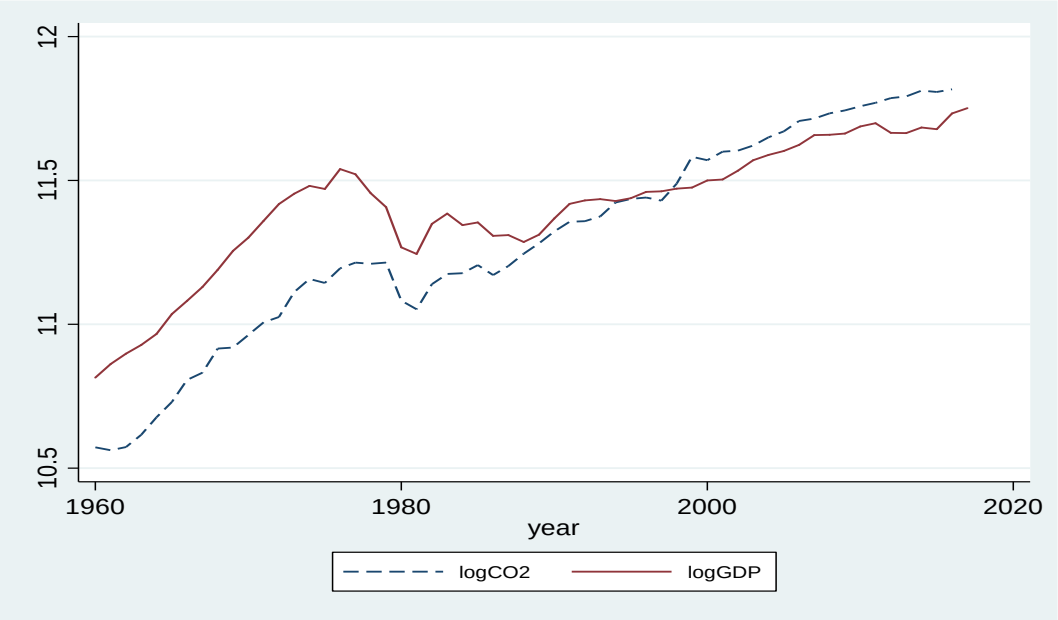
نمودار ۱ مسیر زمانی متغیرهای الگو؛ انتشار دی اکسید کربن و تولید ناخالص داخلی را نشان می‌دهد.


12.5
12
11.5
11
1960
1980
2000
2020
year
logCO2
logGDP

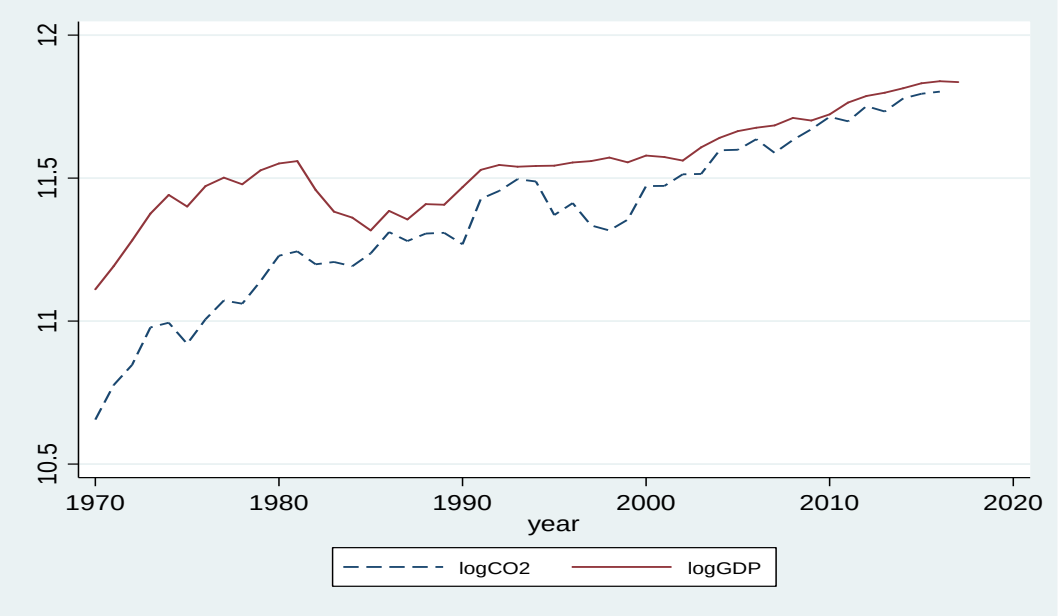
(a): هند


13
12.5
12
11.5
11
1960
1980
2000
2020
year
logCO2
logGDP

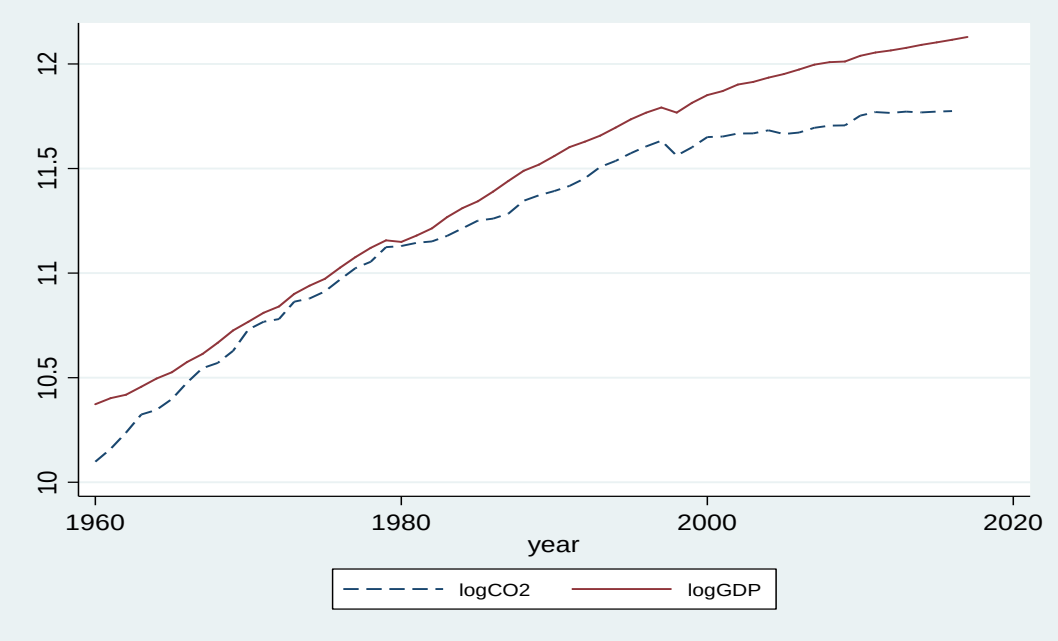
(b): ژاپن



(c): ایران



(d): عربستان سعودی



(e): کره جنوبی

نمودار ۱- مسیر زمانی GDP و انتشار CO_2 در کشورهای آسیایی

Figure 1. CO_2 emissions and GDP in Asian countries

همان طور که از نمودار ۱ مشخص است انتشار دی اکسید کربن و تولید ناخالص داخلی با هم در حال حرکت[1] هستند.

1- Co-movement

۲- برآورد مدل

با توجه به روش‌شناسی پژوهش، الگوی (۱۳) به منظور بررسی واکنش انتشار دی اکسید کربن به تولید در نظر گرفته می‌شود. قبل از برآورد مدل، باید آزمون ریشه واحد متغیرهای مدل را انجام داد. در داده‌های پانل با توجه به وابستگی مقطعی می‌باید قبل از بررسی مانایی متغیرها وابستگی مقطعی بررسی گردد. جدول ۲ نتایج آزمون وابستگی مقطعی پسران (۲۶) را گزارش می‌دهد. لازم به ذکر است همه آزمون ها و برآورد الگو در نرم افزار Eviews انجام شده است.

جدول ۲- آزمون وابستگی مقطعی پسران(۲۰۰۴)

Table 2. Cross-Sectional Dependence Test of Pesaran (2004)

مقدار آماره	مقدار احتمال	نتیجه آزمون
۰/۸۳۳	۰/۴۰۴۶	نبود وابستگی مقطعی

مطابق جدول ۲ وابستگی مقطعی وجود ندارد. لذا می‌توان از آزمون‌های متعارف ریشه واحد پانلی مانند LLC، IPS و Fisher-ADF برای بررسی مانایی متغیرهای الگو استفاده کرد. نتایج آزمون ریشه واحد پانل در جدول ۳ گزارش شده است. درجه ایستایی متغیرهای مدل در این جدول بیانگر مانایی متغیرهای مدل در سطح است. بنابراین می‌توان از سطح متغیرها برای مدل‌سازی PNARDL استفاده کرد.

جدول ۳- نتایج آزمون ریشه واحد پانل

Table 3. Panel unit root test results

متغیر	LCC	IPS	F-ADF	وضعیت مانایی
$logCO_2$	-۶/۱۶۰۲ (۰/۰۰۰۰)	-۵/۱۱۸۰ (۰/۰۰۰۰)	-۶۴/۰۳۶۴ (۰/۰۰۰۰)	$I(0)$
$logGDP$	۶/۱۱۹۴ (۰/۰۰۰۰)	-۳/۵۳۶۹ (۰/۰۰۰۰)	۵۷/۴۴۸۶ (۰/۰۰۰۰)	$I(0)$

قبل از ارایه نتایج برآورد غیرخطی، ابتدا واکنش انتشار به تولید به صورت خطی و متقارن در قالب روابط (۱) تا (۳) برآورد می‌شود. مطابق با معیار اطلاعاتی آکائیک(AIC)، تعداد وقفه‌های بهینه به صورت (۲و۱) ARDL تعیین می‌گردد. این بدان مفهوم است که وقفه متغیر وابسته (میزان انتشار دی اکسید کربن) یک و وقفه تولید ناخالص داخلی دو می‌باشد.

جدول۴- برآورد بلندمدت و پویایی‌های کوتاه‌مدت مدل Panel Linear ARDL

Table 4.Long-term and short-term dynamics estimates of Panel Linear ARDL

متغیر	ضریب	مقدار احتمال
$logGDP$	۰/۷۲۰۸	۰/۰۰۰۰
$D(logGDP)$	۰/۶۱۹۱	۰/۰۰۰۰
$D(logGDP(-1))$	۰/۱۸۷۵	۰/۰۵۵۲
$ECT(-1)$	-۰/۰۷۱۹	۰/۰۱۶۲

مطابق با جدول ۴ و بر اساس تحلیل‌های متقارن، در بلندمدت تولید ناخالص داخلی تأثیر مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. هر یک درصد افزایش در تولید ناخالص داخلی منجر به افزایش ۰/۷۲ درصدی انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد. این تحلیل یک تحلیل خطی و متقارن است، بدان مفهوم که هر یک درصد کاهش در تولید ناخالص داخلی به کاهش ۰/۷۲ درصدی انتشار دی اکسید کربن منجر می‌گردد. ضرایب $D(logGDP)$ و $D(logGDP(-1))$ به‌ترتیب ۰/۶۱ و ۰/۱۸ و معنی‌دار است. این بدان مفهوم است که در کوتاه‌مدت و بر اساس تحلیل‌های متقارن، افزایش تولید ناخالص داخلی در دوره جاری و گذشته تأثیر مثبت و معنی‌دار بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. این تحلیل یک تحلیل خطی و متقارن است، بدان مفهوم که کاهش تولید ناخالص داخلی در دوره جاری و گذشته به همین میزان باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد.

به منظور تحلیل غیرخطی و نامتقارن اثر تولید ناخالص داخلی بر انتشار دی‌اکسیدکربن، تولید ناخالص داخلی به دو سری GDP^+ (شوک‌های مثبت تولید) و GDP^- (شوک‌های منفی تولید) تجزیه می‌شود. مطابق با معیار اطلاعاتی آکائیک (AIC)، تعداد وقفه‌های بهینه به صورت (۲و۲و۴) NARDL تعیین می‌گردد. این بدان مفهوم است که وقفه متغیر وابسته (میزان انتشار دی اکسید کربن) چهار، وقفه شوک مثبت تولید ناخالص دو و قفه شوک منفی تولید ناخالص داخلی دو می‌باشد. جدول ۵ نتایج برآورد کوتاه‌مدت و بلندمدت را در کل پانل و در مجموعه کل کشورها نشان می‌دهد.

جدول ۵- برآورد بلندمدت و پویایی‌های کوتاه‌مدت مدل Panel Non-Linear ARDL

Table 5. Long-term and short-term dynamics estimates of Panel NARDL

متغیر	ضریب	مقدار احتمال
$logGDP^+$	۰/۷۴۵۹	۰/۰۰۰۰
$logGDP^-$	-۲/۲۵۵	۰/۰۱۳۸
$D(logGDP^+)$	۰/۵۷۷۱	۰/۰۰۰۱
$D(logGDP^+(-1))$	۰/۴۴۶۰	۰/۰۰۰۱
$D(logGDP^-)$	۱/۱۹۹۰	۰/۰۱۳۴
$D(logGDP^-(-1))$	-۰/۳۸۸۶	۰/۰۳۱۷
$ECT(-1)$	-۰/۰۵۵۰	۰/۰۳۹۷
آزمون غیرخطی بودن و یا نامتقارن بودن		
آزمون	**آماره**	**مقدار احتمال**
Wald Test(asymmetry test in long-run)	$\chi^2 = 13.12$	۰/۰۰۰۳

ضرایب $logGDP^+$ و $logGDP^-$ به ترتیب ۰/۷۴ و ۲/۲۵- و معنی‌دار هستند. این بدان مفهوم است که مطابق تحلیل‌های غیرخطی و نامتقارن، در بلندمدت شوک‌های مثبت در تولید بطور معنی‌داری موجب افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد. هر یک درصد افزایش در تولید ناخالص داخلی منجر به افزایش ۰/۷۴ درصدی انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد. در بلندمدت شوک‌های منفی در تولید به طور معنی‌داری موجب کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد. هر یک درصد کاهش در تولید ناخالص داخلی منجر به کاهش ۲/۲۵ درصدی انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد. این بدان دلیل است که انتظار می رود در بلندمدت با افزایش(کاهش) تولید و افزایش(کاهش) مصرف انرژی های فسیلی انتشار دی اکسیدکربن افزایش(کاهش) یابد.

ضرایب $D(logGDP^{+})$و $D(logGDP^{+}(-1))$ به ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۴۴ و معنی‌دار هستند. مطابق با پویایی‌های کوتاه‌مدت و تحلیل‌های نامتقارن، شوک‌های مثبت تولید ناخالص داخلی در همان دوره و در دوره گذشته (شوک‌های با وقفه) به طور مثبت و معنی‌داری باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد. این نتیجه با نتایج بورک و همکاران(۲۷) و یورک (۷) قابل مقایسه است. بورک و همکاران(۲۷) عنوان می‌کنند رشد اقتصادی نه تنها در همان سال بلکه در سال‌های آتی نیز افزایش گازهای گلخانه‌ای را نیز در پی خواهد داشت. همچنین، تاثیرات متاخر قابل توجه است. ضرایب $D(logGDP^{-})$ و $D(logGDP^{-}(-1))$ به‌ترتیب ۱/۱ و ۰/۳۸- و معنی‌دار هستند. مطابق با پویایی‌های کوتاه‌مدت و تحلیل‌های نامتقارن، شوک‌های منفی تولید ناخالص داخلی در همان دوره به طور مثبت و معنی‌داری باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن و در دوره گذشته باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد. شوک‌های منفی تولید ناخالص داخلی با وقفه به طور معنی‌دار باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد. بورک (۷) بیان می‌کند تولید کالای بادوام به افزایش بیش‌تر میزان انتشار دی اکسید کربن منجر می‌شود و با ورود به دوران رکود اقتصادی حذف نمی‌شوند و همچنان به انتشار دی اکسید کربن حتی پس از کاهش رشد اقتصادی نیز کمک می‌کنند. در نتیجه، کاهشی محسوس در میزان انتشار این گاز در این دوران مشاهده نمی‌شود.

ضریب $ECT(-1)$ منفی و معنی‌دار است. این ضریب سرعت تعدیل به سمت تعادل را نشان می‌دهد. ضریب جمله تصحیح خطا ۰/۰۵- برآورد شده است که نشان می‌دهد در هر دوره ۵ درصد از عدم تعادل یک دوره در انتشار دی‌اکسیدکربن در دوره بعد تعدیل می‌شود. بنابراین تعدیل به سمت تعادل بلندمدت با کندی صورت می‌گیرد. نتایج حاصل از ترکیب اثرات پویایی کوتاه‌مدت منفی و معنی‌دار است که نشان می‌دهد رابطه بلندمدت بین متغیرها وجود دارد.

با توجه به نوع متغیرهای الگو و این فرضیه که تولید با تاخیر و وقفه نیز می تواند بر انتشار تاثیر بگذارد و همچنین، تاثیر شوک های مثبت و منفی تولید بر انتشار می تواند متفاوت باشد از الگوی Panel Non-linear ARDL استفاده شد. معنی داری ضرایب الگو حاکی از آن است که اولاً، تولید(هر دو شوک های مثبت و شوک های منفی) با وقفه بر انتشار تاثیر می گذارد و ثانیاً، تاثیر شوک های مثبت و منفی تولید بر انتشار متفاوت هستند. همچنین، نتایج آزمون عدم تقارن حاکی از اعتبار مدل از نقطه نظر به کار گیری الگوی غیر خطی در مقابل خطی است. نتایج آزمون غیر خطی والد حاکی از معنی دار بودن عدم تقارن و وجود رابطه غیر خطی میان شوک های تولیدی و انتشار دی‌اکسیدکربن است.

۳- آزمون علیت گرنجری متقارن و نامتقارن

برای بررسی علیت نامتقارن از آزمون JKS[1] استفاده می‌شود. این آزمون در بررسی علیت ناهمگنی‌های پانلی را در نظر می‌گیرد. نتایج آزمون علیت متقارن و نامتقارن در جدول ۶ ارائه شده است.

1- Juodis, Karavias and Sarafidis (2021) Granger non-causality Test

جدول ۶- نتایج آزمون علیت گرنجری متقارن و نامتقارن

Table 6. Symmetric and asymmetric Granger causality test results

علیت متقارن		
رابطه علیت	آماره آزمون	نتیجه
$logGDP \rightarrow logCO_2$	۲۰/۳۹۹۸ (۰/۰۰۰)	$logGDP \Rightarrow logCO_2$
$logCO_2 \rightarrow logGDP$	۰/۸۱۶۸ (۰/۳۶۶۱)	$logCO_2 \nRightarrow logGDP$
علیت نامتقارن		
رابطه علیت	**آماره آزمون**	**نتیجه**
$logGDP^+ \rightarrow logCO_2$	۳/۵۴۶۰ (۰/۰۵۹۷)	$logGDP^+ \Rightarrow logCO_2$
$logCO_2 \rightarrow logGDP^+$	۰/۲۲۸۸ (۰/۶۳۲۴)	$logCO_2 \nRightarrow logGDP^+$
$logGDP^- \rightarrow logCO_2$	۴۲۰/۸۸۴۵ (۰/۰۰۰۰)	$logGDP^- \Rightarrow logCO_2$
$logCO_2 \rightarrow logGDP^-$	۱/۱۶۳۲ (۰/۲۸۰۸)	$logCO_2 \nRightarrow logGDP^-$

مطابق تحلیل متقارن و خطی علیت گرنجری، یک ارتباط علی یک طرفه از تولید ناخالص داخلی به انتشار دی اکسید کربن وجود دارد. بر اساس آزمون غیرخطی علیت گرنجری، یک ارتباط علی یک طرفه از شوک‌های مثبت تولید به انتشار دی اکسید کربن و همچنین از شوک‌های منفی تولید به انتشار دی اکسید کربن وجود دارد.

نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی

در عصر حاضر بیشتر کشورها به دنبال افزایش تولید ناخالص داخلی و تداوم رشد اقتصادی می‌باشند. یکی از الزامات رشد و توسعه اقتصادی تولید بیشتر و در نتیجه استفاده بیشتر از انرژی و مواد اولیه است، در همین راستا به ناچار از منابع طبیعی و سوخت‌های فسیلی مانند نفت و گاز بیشتر استفاده می شود، که این امر علاوه بر ایجاد آلودگی می‌تواند کیفیت محیط زیست را تحت تاثیر قرار دهد. لذا در سالهای اخیر جهان شاهد تغییرات زیست محیطی بزرگ و نامطلوبی مانند افزایش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بوده است. لذا، نگرانی درباره پیامدهای زیست محیطی منفی ناشی از رشد فعالیت‌های اقتصادی موجب شده است که دولت‌ها به منظور کاهش آلودگی و استفاده بهینه از منابع طبیعی، سیاست‌های سازگار با محیط زیست را طراحی و اجرا کنند به طوری که اجرای این سیاست‌ها علاوه بر حفظ محیط زیست، باعث ارتقاء تولید و بهره‌وری در جامعه شده و در نهایت موجبات بهبود کیفیت زندگی افراد جامعه را فراهم نماید. هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر شوک‌های تولیدی بر انتشار دی اکسید کربن آلوده‌کننده‌های بزرگ آسیایی؛ هند، ژاپن، ایران، عربستان‌سعودی و کره‌جنوبی با رهیافت نامتقارن است. به همین منظور از رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی غیرخطی استفاده می‌شود. این الگو این امکان را فراهم می کند که واکنش انتشار دی اکسید کربن به تولید هم با در نظر گرفتن دوره زمانی کوتاه مدت و بلندمدت و هم با در نظر

گرفتن تغییرات مثبت و منفی(شوک های مثبت و منفی) انتشار برآورد شود. غیرخطی بودن الگو این امکان را فراهم می‌کند که تأثیر شوک‌های مثبت و منفی به طور جداگانه بررسی شود.

نتایج حاکی از وجود ارتباط بلندمدت میان انتشار دی اکسید کربن و تولید است. بر اساس آزمون غیرخطی علیت گرنجری، یک ارتباط علی یک طرفه از شوک‌های مثبت تولید به انتشار دی اکسید کربن و همچنین از شوک‌های منفی تولید به انتشار دی اکسید کربن وجود دارد.

در بلندمدت، شوک‌های مثبت تولید به طور معنی‌داری موجب افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن و شوک‌های منفی تولید به طور معنی‌داری موجب کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گردد. نتایج پویایی‌های کوتاه‌مدت نشان می‌دهد تأثیر شوک‌های مثبت تولید دوره جاری و دوره گذشته به طور معنی‌داری منجر به افزایش انتشار دی اکسید کربن می‌گردد. شوک‌های منفی تولید دوره جاری، انتشار دی اکسید کربن را به طور معنی‌دار افزایش و شوک‌های منفی تولید دوره گذشته انتشار دی اکسید کربن را به طور معنی‌دار کاهش می‌دهد. ضریب تصحیح خطا که سرعت تعدیل به سمت تعادل را نشان می‌دهد کوچک و منفی برآورد شده است.

لذا، شوک‌های مثبت تولید نه تنها در همان دوره بلکه در دوره آتی نیز افزایش انتشار دی اکسید کربن را به همراه دارد. تأثیر شوک‌های منفی تولید قابل توجه است. شوک‌های منفی تولید در همان دوره به طور معنی‌داری انتشار دی اکسید کربن را افزایش می‌دهد اما منجر به کاهش انتشار در دوره بعد می‌شود. تولید کالای بادوام مانند خودروها، کارخانه‌ها، نیروگاه‌ها، گسترش زیرساخت‌ها و شبکه حمل و نقل که با ورود اقتصاد به دوران رونق اقتصادی بروز می‌یابند و به افزایش بیش‌تر میزان انتشار دی اکسید کربن منجر می‌شود، با ورود به دوران کاهش تولید حذف نمی‌شوند و همچنان به انتشار دی اکسید کربن حتی پس از کاهش تولید نیز ادامه می دهند. بررسی ارتباط میان تولید و میزان انتشار دی اکسید کربن، نقش مهمی را در سیاست‌گذاری‌های زیست محیطی ایفا می‌کند. سرعت تعدیل کند و تاثیر کوتاه‌مدت شوک‌های منفی تولید بر انتشار در دوره جاری باید مورد توجه سیاست‌گذاران زیست محیطی کشورهای مورد مطالعه قرار گیرد. در شرایط کاهش تولید توصیه می‌شود سریعاً سیاست‌های سخت‌گیرانه زیست محیطی متوقف نگردد. با توجه به تأثیر مثبت و معنی دار شوک های مثبت تولید بر انتشار در کوتاه مدت و در بلندمدت، افزایش کارایی انرژی و افزایش سهم انرژی های تجدید پذیر در کل مصرف انرژی کشورها (جایگزینی انرژی تجدیدپذیر به جای انرژی فسیلی) توصیه می گردد.

References

1. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), 2013. *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.*
2. Kaya, Y., 1990. Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: interpretation of proposed scenarios. *Paris: IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group.*
3. Kuznets, S. 1955. Economic growth and income inequality, *American Economic Review*, 45, pp.1-25.
4. Grossman, G. M, Krueger, A. B. 1991. Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research Working Paper No. 3914, NBER, Cambridge MA.*

5. Panayotou, T. 1993. Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. *Working Paper WP2-22.238 Technology and Employment Programme*. *International Labor Office, Geneva*.
6. Heutel, G., 2012. How should environmental policy respond to business cycles? Optimal policy under persistent productivity shocks. *Rev. Econ. Dyn*. 15 (2), pp.244–264.
7. York, R. 2012. Asymmetric effects of economic growth and decline on CO_2 emissions. *Nat. Clim. Chang*, 2 (11), pp. 762–764.
8. Doda, B., 2014. Evidence on business cycles and CO_2 emissions. *J. Macroecon*. 40, pp.214–227.
9. Shahiduzzaman, M.D., Layton, A. 2015. Changes in CO_2 emissions over business cycle recessions and expansions in the United States: A decomposition analysis. *Applied Energy*, 150, pp.25-35.
10. Klarl, T., 2015. The response of CO2 emissions to the business cycle: New evidence for the U.S. based on a Markov-switching approach.
11. Khan, H., Knittel, C. R., Metaxoglou, K., Papineau, M. 2016. Carbon Emissions and Business Cycle. *Journal of macroeconomics*, 60, pp.1-22.
12. Sheldon, T.L. 2017. Asymmetric effects of the business cycle on carbon dioxide emissions, *Energy Economics*, 61, pp. 289-297.
13. Cohen, G., Jalles, J.T., Loungani, P., Marto, R. and Wang, G. 2019. Decoupling of emissions and GDP: Evidence from aggregate and provincial Chinese data. *Energy Economics*, 77, pp.105-118.
14. Klarl,T. 2020. The response of CO2 emissions to the business cycle: New evidence for the U.S. *Energy Economics*, 85, 104560.
15. Sarwar, M. N, Ali, Sh., Hussain, H. 2021. Business cycle fluctuation and emission: Evidence from South Asia. *J.Clean. Prod*, 298, 126774.
16. Genç, M.C., Ekinci, A., Sakarya B. 2022. The impact of output volatility on CO2 emissions in Turkey: testing EKC hypothesis with Fourier stationarity test. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2), pp. 3008-3021.
17. Onofrei, M., Anca Florentina Vatamanu, A. F., Cigu, E.2022. The Relationship between Economic Growth and CO2 Emissions in EU Countries: A Cointegration Analysis. Fr*ontiers in Environmental Science*, 10, pp.1-11.
18. https://www.statista.com
19. Shin, Y., Yu B, Greenwood-Nimmo, M.J. 2014. Modelling asymmetric cointegration and dynamic multipliers in a nonlinear ARDL framework. *Festschrift in Honor of Peter Schmidt*, pp. 281-314
20. Pesaran, M. H., Shin R. 1995. Estimating long-run relationship in dynamic heterogeneous panels. *J Econ*, 68(1), pp. 79-113
21. Pesaran M. H., Shin Y., Smith R.J. 1999. Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panel. *J AM Stat Assoc*, 94(4), pp. 621-634
22. Pesaran, M.H., Shin Y. 1999. An autoregressive distributed-lag modelling approach to cointegration analysis. In: Storm S (ed) Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: *The Ranger Frisch Centennial Symposium. Cambridge*

University Press, Cambridge, pp. 371-413.

23. Pesaran, M .H., Shin Y., Smith R.J. 2001. Bounds testing approaches to the analysis of level releationship. *J Appl Econ*, 16(3), pp. 289-326
24. Granger, C.W.J., Yoon, G. 2002. Hidden Cointegration. Mimeo: *University of California San Diego*.
25. Schorderet, Y. 2003. Asymmetric Cointegration. Mimeo: *University of Geneva*.
26. Pesaran, M. H. 2004. General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. Cambridge Working Papers in Economics. No: 0435, Faculty of Economics. United Kingdom: *University of Cambridge*.
27. Burke, P.J., Shahiduzzaman, Md , Stern, D.I. 2015. Carbon dioxide emissions in the short run: The rate and sources of economic growth matter. *Global Environmental Change*, 33, pp. 109-121.