



## Symmetric and Asymmetric Effects of Oil Price, FDI, and Economic Growth on Carbon Emission

Hatef Hazeri<sup>1\*</sup>, Farzad Poureskandari Razi Abad <sup>2</sup>, Siamak Shokouhifard<sup>3</sup>

1. Associate Professor, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

2. M. A. in Economics, University of Mohaghegh Ardebili, Ardabil, Iran

3. Young Researchers and Elite Club, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

\*Corresponding author, Email: [Hatef.Hazeriniri@uma.ac.ir](mailto:Hatef.Hazeriniri@uma.ac.ir)

### Keywords:

Carbon Emission, Oil Price, Economic Growth, FDI.

### Abstract

Empirical literature indicates that environmental degradations as well as carbon emissions are mainly caused by economic activities and subsequently economic growth. On the other hand, the prevailing laws related to the environment, especially carbon emissions and economic growth, are important and complex issues. The aim of the research is to investigate the symmetric and asymmetric effects of oil prices, foreign direct investment and economic growth on carbon emissions. This research is of the regression analysis type. The statistical population of this research includes developed and developing countries, whose economic information and statistics are available in the World Bank database. In this research, the library method was used to collect information and also to obtain the data and information needed to estimate the model in the period of 1963-2023, from the database of the World Bank, Table (PWT) and from the information of Fraser and Carto Institute Used. In this study, ARDL and non-linear ARDL methods are used to investigate the long-term and short-term symmetric and asymmetric relationship between variables. The findings of this research show that regarding the relationship between oil price and carbon emission, in developed and developing countries, the amount of carbon emission has an inverse and asymmetric relationship with oil price. Regarding the relationship between economic growth and emissions, the results show that there is a positive but asymmetric two-way relationship between economic growth and carbon emissions in the target countries. Regarding the relationship between FDI and emission in developing countries, foreign direct investment and carbon emission have a direct and positive relationship and in developed countries they have a negative relationship, and from the perspective of the symmetry and asymmetry of the effect of foreign direct investment, the results obtained in different countries are contradictory and different.

### Received:

26/Jan/2024

### Accepted:

16/Apr /2024

### How to cite this article:

Hazeri, H., Poureskandari, F., & Shokouhifard, S. (2024) **Symmetric and Asymmetric Effects of Oil Price, FDI, and Economic Growth on Carbon Emission.** *Green Development Management Studies*, 3(1), 245-268.

<https://doi.org/10.22077/jgdms.2024.7344.1094>





## اثرات متقارن و نامتقارن قیمت نفت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی بر انتشار کربن

هاتف حاضری<sup>۱\*</sup>، فرزاد پوراسکندری رضی‌آباد<sup>۲</sup>، سیامک شکوهی‌فرد<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد اقتصاد، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

<sup>۳</sup> باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

\* ایمیل نویسنده مسئول: [Hatef.Hazeriniri@uma.ac.ir](mailto:Hatef.Hazeriniri@uma.ac.ir)

### چکیده

### واژگان کلیدی:

ادبیات تجربی حاکی از تخریب‌های زیست‌محیطی و همچنین انتشار کربن عمدتاً ناشی از فعالیت‌های اقتصادی و متعاقباً رشد اقتصادی است. از طرفی قوانین حاکم در ارتباط با محیط‌زیست و خصوصاً انتشار کربن و رشد اقتصادی از مسائل بااهمیت و پیچیده‌است. هدف پژوهش، بررسی اثرات متقارن و نامتقارن قیمت نفت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی بر انتشار کربن می‌باشد. این پژوهش کاربردی و از نوع تحلیل رگرسیون می‌باشد. جامعه آماری این تحقیق شامل کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه‌ای می‌باشد که اطلاعات و آمار اقتصادی آن‌ها در پایگاه اطلاعاتی بانک جهانی موجود می‌باشند. در این تحقیق، برای گردآوری اطلاعات از روش کتابخانه‌ای استفاده شده و همچنین به‌منظور دستیابی به داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای برآورد مدل در بازه زمانی ۲۰۲۳-۱۹۶۳، از پایگاه اطلاعاتی بانک جهانی، جدول (PWT) و از اطلاعات مؤسسه فریزر و کارتو استفاده شده‌است. در این مطالعه از روش‌های ARDL و ARDL غیرخطی برای بررسی رابطه متقارن و نامتقارن بلندمدت و کوتاه‌مدت بین متغیرها استفاده شده‌است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند که در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، میزان انتشار کربن باقیمت نفت رابطه معکوس و نامتقارن دارد. در کشورهای هدف ارتباط دوطرفه مثبت اما نامتقارن میان رشد اقتصادی و انتشار کربن وجود دارد. در مورد ارتباط سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار کربن در کشورهای در حال توسعه رابطه مستقیم و مثبت وجود داشته و در کشورهای توسعه‌یافته رابطه منفی برقرار می‌باشد و از منظر متقارن و نامتقارن بودن تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نتایج به‌دست‌آمده در کشورهای مختلف، متناقض و متفاوت می‌باشد.

انتشار کربن، قیمت نفت، رشد اقتصادی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی.

### تاریخ دریافت:

۶ بهمن ۱۴۰۲

### تاریخ پذیرش:

۲۸ فروردین ۱۴۰۳



## مقدمه

انتشار کربن جزء اصلی گازهای گلخانه‌ای و یکی از دلایل مهم افزایش دمای زمین است. گرم شدن کره زمین یکی از چالش‌های اصلی زمان ما و همچنین بزرگ‌ترین تهدید برای زندگی طبیعی، رفاه و امنیت است. طی دهه‌های گذشته بررسی روابط بین انتشار کربن و عوامل مختلف اقتصادی مورد توجه اقتصاددانان و بوم‌شناسان بوده است و آن‌ها اغلب به دنبال اثبات روابط بین کیفیت محیط‌زیست و انتشار کربن و متغیرهای مؤثر بر آن بوده‌اند. انتشار کربن نقش مهمی در کیفیت محیط‌زیست دارد و از بین عوامل اقتصادی مؤثر بر انتشار کربن مورد توجه اقتصاددانان می‌توان عواملی همچون قیمت نفت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی را ذکر کرد. انسان از طریق فعالیت‌های مختلفی مانند تغییر کاربری زمین (از جمله جنگل‌زدایی)، سوزاندن سوخت‌های فسیلی، فرآیندهای کشاورزی و صنعتی‌سازی، گازهای گلخانه‌ای (به‌ویژه دی‌اکسید کربن) را در دو قرن گذشته به اتمسفر پمپاژ کرده است و این موضوع منجر به بالا بردن سطح آلودگی به بالاتر از هزاران سال گذشته و کاهش کیفیت زیست‌محیطی و گسترش مشکلات آلودگی شده است. ادعا شده است که دی‌اکسید کربن عامل اصلی گرمایش جهانی است، زیرا غلظت آن در مقایسه با سایر گازهای گلخانه‌ای بالاترین میزان است. مطالعات و پیش‌بینی‌های آتی نشان‌دهنده رشد فزاینده انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با رشد اقتصادی است. (کایکا و زرواس<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳، ۱۳۸۲).

انتشار کربن به عوامل متعددی بستگی دارد، لذا در این زمینه، مطالعه پیش‌رو تلاش می‌کند که تأثیر قیمت نفت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی مربوط به برخورد و تماس بشر با طبیعت را بر انتشار کربن تحلیل کند. شایان ذکر است که این مطالعه تأثیر متغیرهای فوق بر روی انتشار کربن را به صورت متقارن و غیر متقارن مورد بررسی قرار می‌دهد، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)<sup>۲</sup> ممکن است نه تنها انتقال ظرفیت تولید را تسهیل کند، بلکه آلودگی زیست‌محیطی را نیز کاهش دهد. نظرات متناقضی در مورد تأثیر FDI بر انتشار CO<sub>2</sub> وجود دارد. بر اساس یافته‌های علمی اکثر اقتصادهای کم سرمایه با حذف محدودیت‌ها و حمایت از مقررات زیست‌محیطی سست، سرمایه‌گذاران را جذب می‌کنند. از این رو، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌تواند هزینه بالایی را بر محیط‌زیست تحمیل کند (کائو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به دلیل فناوری‌های سازگار با محیط‌زیست، تأثیر مثبتی بر عملکرد زیست‌محیطی کشورهای در حال توسعه دارد (مرت و بولو<sup>۴</sup>، ۲۰۱۶، ۲۱۶۶۹).

از آنجایی که یکی دیگر از متغیرهای مهم مورد بحث در این مطالعه قیمت نفت است. تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم آن بر انتشار کربن مورد بحث قرار می‌گیرد. قیمت انرژی و به‌طور خاص قیمت نفت نقش بااهمیتی در رشد اقتصادی (که خود نیز بر انتشار کربن مؤثر است و از موارد مورد بحث این مطالعه نیز می‌باشد) هر کشور ایفا می‌کند. با این حال، تغییر قیمت نفت بر کشور صادرکننده نفت و کشور واردکننده نفت تأثیر متفاوتی دارد. رابطه بین انتشار کربن و رشد اقتصادی توجه بسیاری از سیاست‌گذاران و محققان را به خود جلب کرده است تا جایی که تمرکز بر کاهش انتشار کربن بدون تأثیر منفی بر رشد اقتصادی مورد توجه و مطالعه بسیاری قرار گرفته است. توسعه اقتصادی و شهرنشینی سریع فرآیندهای حیاتی هستند که مصرف سوخت‌های فسیلی و در نتیجه انتشار کربن را در سراسر جهان افزایش می‌دهند. انرژی به‌عنوان یک ورودی ضروری برای فرآیند تولید در نظر گرفته می‌شود که بر نتایج اقتصادی تأثیر می‌گذارد. بنابراین عامل تعیین‌کننده رشد اقتصادی و در نتیجه انتشار کربن می‌باشد (سالاری<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۱، ۱۸۲).

اگرچه جهان در حال تغییر به سمت کاهش تغییرات آب‌وهوایی است اما ایجاد یک تغییر ملموس به منابع و بودجه قابل توجهی نیاز دارد که اکثر کشورهای در حال توسعه فاقد آن هستند. در حالی که با توجه به روند جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای

1. Kaika & Zervas

2. Foreign direct investment

3. Cao

4. Mert & Bolük

5. Salari



در حال توسعه، این کشورها به بهشت آلودگی گرایش دارند زیرا چنین کشورهایی منابع ارزان، نیروی کار و مقررات زیست محیطی سخت گیرانه کمتری ارائه می دهند (لوینسون و تیلور<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸، ۲۲۳). وقتی یک کشور رو به پیشرفت می خواهد جریان ورودی بالاتری از سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI) جذب کند این امر به خودی خود منجر به افزایش مصرف انرژی آن کشور نیز می شود (به را و دش<sup>۲</sup>، ۲۰۱۷، ۹۶). در حالی که شواهد نشان می دهند که یکی از راه های مستقیم کاهش انتشار کربن، صرفه جویی در انرژی است (لطفعلی پور<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۰، ۵۱۱۵). بنابراین اتخاذ سیاست هایی برای صرفه جویی در مصرف انرژی، به قیمت کاهش رشد اقتصادی تمام خواهد شد که ممکن است برای کشورهای در حال توسعه مطلوب نباشد.

گروسمن و کروگر<sup>۴</sup> (۱۹۹۱) شواهدی از یک رابطه U شکل معکوس بین انتشار گازهای گلخانه ای و رشد اقتصادی یک کشور ارائه کردند که به عنوان فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس<sup>۵</sup> (EKC) شناخته می شود که در آن یک کشور ممکن است تخریب محیط زیست را برای رشد اقتصادی افزایش دهد ولی با افزایش بیشتر رشد اقتصادی منجر به کاهش سطح تخریب محیط زیست نیز می شود. بنابراین توجه به یک نقطه مشترک یعنی انتشار کربن مانند فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس، در بین سیاست گذاران اهمیت دارد زیرا نه تنها نشان دهنده مناسب بودن سیاست های اتخاذ شده ای است که اهداف اقتصادی را برآورده می کند بلکه به رفع نگرانی های زیست محیطی نیز کمک شایانی می کند (ساتو<sup>۶</sup>، ۲۰۱۴، ۱۵۳۵).

از این رو در پژوهش پیش رو با توجه به اهمیت موضوع، اثرات متقارن و نامتقارن متغیرهای مهم اقتصادی ذکر شده (نظیر قیمت نفت، سرمایه گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی) بر انتشار کربن با استفاده از روش های ARDL و ARDL غیرخطی برای بازه زمانی ۱۹۶۳-۲۰۲۳ بررسی شده است. شایان ذکر است وجه تمایز این مطالعه با مطالعات قبلی و به عبارتی نوآوری تحقیق پیش رو در این است که تحقیقات و آثار علمی موجود در مورد تأثیر تکانه های قیمت نفت، سرمایه گذاری خارجی و رشد اقتصادی بر انتشار کربن بسیار محدود بوده و عوامل مذکور به طور هم زمان در مطالعات قبلی لحاظ نگردیده است. همچنین مطالعاتی که به طور منسجم و هم زمان عدم تقارن های بلندمدت و کوتاه مدت را بررسی می نمایند، بسیار اندک می باشند. بدین جهت این مطالعه تأثیر این سه متغیر مهم اقتصادی را بر روی انتشار کربن، با استفاده از مدل های جدید اقتصادسنجی شامل مدل های ARDL و ARDL غیرخطی بر روی کشورهای هدف به صورت متقارن و غیر متقارن مورد بررسی قرار می دهد. ساختار پژوهش حاضر نیز بدین صورت است که ابتدا مبانی نظری مربوط به موضوع پژوهش ارائه شده و به دنبال آن مطالعات تجربی انجام شده در رابطه با موضوع تحقیق بیان می گردند. در قسمت مواد و روش ها نیز مدل تحقیق و متغیرهای آن معرفی شده و سپس نتایج برآورد مدل ارائه و تحلیل می گردند. در پایان نیز نتیجه گیری و پیشنهادات تحقیق بیان می شوند.

## ارتباط انتشار کربن با قیمت نفت

ارتباط میان انتشار کربن با عوامل موضوع تحقیق، در یک بازه زمانی بلندمدت می تواند به صورت ارتباط دوطرفه (مثبت یا منفی) متقارن یا غیر متقارن باشد. به منظور تبیین مناسب تر و ابعاد کامل تر مبانی نظری، سه موضوع عمده مطرح می شود: ارتباط انتشار کربن با قیمت نفت، ارتباط انتشار کربن با سرمایه گذاری مستقیم خارجی و ارتباط انتشار کربن با رشد اقتصادی. در مورد ارتباط انتشار کربن با قیمت نفت، ادبیات حاکی از این است که افزایش قیمت نفت می تواند منجر به کاهش مصرف نفت و متعاقباً منجر به انتشار کربن

1. Levinson & Taylor

2. Behera & Dash

3. Lotfalipour

4. Grossman & Krueger

5. Environmental Kuznets Curve

6. Sato



کمتری شود. همچنین افزایش قیمت نفت می‌تواند منعکس‌کننده کمبود نفت باشد که کشورهای واردکننده نفت را تشویق می‌کند که به سمت جایگزین‌های دیگر و ارزان‌تری حرکت کنند، بنابراین می‌تواند بر انتشار کربن تأثیر گذارد. تغییر قیمت نفت اثرات متفاوتی بر کشورهای صادرکننده نفت و واردکننده نفت دارند. صادرات نفت منبع اصلی درآمد برای کشورهای صادرکننده نفت می‌باشند (منس<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). اگرچه قیمت انرژی مؤلفه اساسی مصرف خانگی و تولید صنعتی را نشان می‌دهد، با این حال، مطالعاتی رابطه‌ای منفی بین قیمت انرژی (نفت) و مصرف انرژی را بیان نموده‌اند (لی فانگ و هی<sup>۲</sup>، ۲۰۲۰).

علاوه بر ارتباط مستقیم قیمت نفت با انتشار کربن و با توجه به ارتباط رشد اقتصاد بر انتشار کربن این نکته حائز اهمیت هست که قیمت نفت می‌تواند به‌طور غیرمستقیم و از طریق رشد اقتصادی بر انتشار کربن اثرگذار باشد. قیمت انرژی نقش به‌سزایی در رشد اقتصادی هر کشور ایفا می‌کند. افزایش قیمت نفت می‌تواند باعث نوآوری نیز شود که در نهایت منجر به ارزان‌تر شدن منابع انرژی جایگزین نسبت به منابع انرژی سنتی و در نتیجه کاهش انتشار کربن شود. همچنین قیمت‌های بالاتر نفت نه تنها مصرف انرژی سنتی را می‌تواند کاهش دهند، بلکه توانایی افزایش میزان تحقیق و توسعه در انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش می‌دهند. فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) نیز نشان می‌دهد که با افزایش درآمد، کشورها تمایل دارند به سمت تحقیق و توسعه بیشتر سوق پیدا کنند که منجر به تغییر فناوری می‌شود که نه تنها مصرف انرژی سنتی را کاهش می‌دهد، بلکه کیفیت محیطی را نیز بهبود می‌بخشد. با توجه به موارد مطرح‌شده فوق فرض ما در مورد ارتباط بین قیمت نفت و انتشار کربن این است که افزایش قیمت نفت رابطه منفی با انتشار کربن دارد.

### ارتباط انتشار کربن با سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی

در خصوص سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به‌عنوان یکی دیگر از متغیرهای مورد مطالعه، نه تنها امکان اشتراک دانش و سرریز فناوری را فراهم می‌کند، بلکه ظرفیت تولید و اشتغال را نیز افزایش می‌دهد (اکسل‌هایم و غوری<sup>۳</sup>، ۲۰۰۸، ۳۵۸). لذا تغییرات آب و هوایی ناشی از افزایش و ارتقا مهارت‌های مدیریتی، متأثر از FDI در حال افزایش است. ادبیات در مورد رابطه بین انتشار کربن و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی متناقض و متفاوت است تا جایی که برخی پژوهشگران این رابطه را مثبت می‌دانند (هاوگ و یوکل<sup>۴</sup>، ۲۰۱۹، ۲۹۷). برخی دیگر نیز رابطه بین این دو را منفی می‌دانند (جیانگ<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۸، ۸۶۴). اگرچه، کشورهای توسعه‌یافته این انتخاب را دارند که اجازه سرمایه‌گذاری سازگار با محیط‌زیست در کشور را بدهند (لی<sup>۶</sup>، ۲۰۱۳، ۴۸۳) مانند بخش فناوری یا خدمات، اما چنین گزینه‌ای برای کشورهای در حال توسعه وجود ندارد. عمدتاً کشورهای در حال توسعه در حیطه فرضیه بهشت آلودگی قرار می‌گیرند (پائو و تسای<sup>۷</sup>، ۲۰۱۱، ۶۵۸) که در آن نکات کلیدی برای جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی؛ منابع ارزان، سیاست‌های سخت‌گیرانه کمتر نیروی کار و محیط‌زیست و یا هر دو آنها می‌باشد (لویسنون و تابلور، ۲۰۰۸، ۲۲۴). اگر یک کشور در حال توسعه می‌خواهد جریان ورودی بالاتری از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را جذب کند، مصرف انرژی آن نیز افزایش می‌یابد (به را و دش، ۲۰۱۷، ۹۷). در حالی که یکی از راه‌های مستقیم کاهش انتشار کربن صرفه‌جویی در انرژی است (لطفعلی‌پور و همکاران، ۲۰۱۰، ۵۱۱۶)؛ بنابراین، اتخاذ سیاست‌هایی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی به قیمت کاهش رشد اقتصادی تمام خواهد شد که ممکن است برای کشورهای در حال توسعه مطلوب نباشد. در کشورهای در حال توسعه، رابطه بین انتشار کربن و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای

1. Mensah

2. Li, Fang, & He

3. Oxelheim & Ghauri

4. Haug & Ucal

5. Jiang

6. Lee

7. Pao & Tsai



با درآمد بالا و متوسط در مقایسه با کشورهای با درآمد پایین که رابطه منفی دارند، معنادارتر و مثبت‌تر است (به را و دش، ۲۰۱۷، ۹۸) و از آنجایی که کشورهای در حال توسعه کم‌درآمد یا قادر به جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نیستند یا فقط سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را در بخش خدمات جذب می‌کنند از این رو تأثیر کمتری بر انتشار کربن دارند (اگراس و چاپمن<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹، ۲۶۷).

در کشورهای در حال توسعه کم‌درآمد رابطه منفی بین انتشار کربن و FDI وجود دارد، در حالی که کشورهای در حال توسعه با درآمد متوسط رابطه مثبتی دارند (کیویرو و آرمینن<sup>۲</sup>، ۲۰۱۴، ۵۹۵). در کشورهای در حال توسعه با درآمد بالا، کیویرو و آرمینن (۲۰۱۴) رابطه منفی بین این دو را فقط در آفریقای جنوبی پیدا کرده‌اند که نشان می‌دهد برخی از کشورهای در حال توسعه با درآمد بالا سیاست‌های زیست‌محیطی مؤثری دارند که فقط اجازه می‌دهد FDI دوستدار محیط‌زیست در این کشور باشد، بنابراین از هاله‌های آلودگی حمایت نمی‌کند. در حالی که سایر مطالعات با استفاده از داده‌های کشورهای در حال توسعه با درآمد بالا، رابطه بین این دو را مثبت می‌دانند (ژانگ و ژانگ<sup>۳</sup>، ۲۰۱۸، ۹۴۳). بنابراین روشن است که ویژگی‌های خاص کشورها نقش مهمی در تعریف رابطه بین FDI و انتشار کربن دارند (شهباز<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۸، ۸۴۳).

### ارتباط انتشار کربن با رشد اقتصادی

در خصوص اثر رشد اقتصادی بر انتشار کربن به‌عنوان متغیر دیگر این مطالعه، ادبیات تجربی حاکی از تخریب‌های زیست‌محیطی و همچنین انتشار کربن عمدتاً ناشی از فعالیت‌های اقتصادی و متعاقباً رشد اقتصادی است. از طرفی قوانین حاکم در ارتباط با محیط‌زیست و خصوصاً انتشار کربن و رشد اقتصادی از مسائل بااهمیت و پیچیده‌است. رشد اقتصادی ثابت در میان سیاست‌گذاران اهمیت دارد، زیرا یکی از شاخص‌های کلیدی اقتصاد کلان است. رابطه بین رشد اقتصادی و تخریب محیط‌زیست در قالب فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی EKC توسط بسیاری از محققان مورد مطالعه قرار گرفته است که برخی محققان از جمله گروسمن و کروگر؛ اشمالنسی، استوکر و جادسون؛ سلدن و سونگ از فرضیه EKC حمایت می‌کنند و برخی نیز از جمله بارتلت، کوندو و دیندا، گالوتی، لانزا و پاولی این فرضیه را درست نمی‌دانند. این رابطه در مسیر توسعه هر کشور به‌صورت یک رابطه U معکوس در نظر گرفته می‌شود، به‌گونه‌ای که در مراحل اولیه رشد و توسعه اقتصادی، انتشار فزاینده آلاینده اجتناب‌ناپذیر است و زمانی که انتشار کربن به حداکثر میزان خود رسید، نرخ رشد اقتصادی بالاتر، جریان کاهشی انتشار آغاز می‌شود و کیفیت محیطی به دلیل بهبود استانداردهای زندگی ناشی از تولید ناخالص داخلی سرانه بالاتر بهبود می‌یابد (بلانچارد و جانسون<sup>۵</sup>، ۲۰۱۲، ۱۷۱). در مقابل، برخی مکاتب معتقدند در بلندمدت، رابطه بین رشد اقتصادی و محیط‌زیست یک منحنی U شکل معکوس نیست، بلکه به شکل N است. آن‌ها استدلال می‌کنند که کشورها پس از رسیدن به شکل U معکوس، برای رشد اقتصادی بیشتر باید محیط‌زیست خود را تخریب کنند (کاروالیو و آلمیدا<sup>۶</sup>، ۲۰۱۱). از آنجایی که مصرف انرژی یک عنصر حیاتی برای رشد اقتصادی است، بنابراین در رابطه مثبت و معنادار آن با رشد اقتصادی تردیدی وجود ندارد. سؤال اساسی ترکیب انرژی یک کشور است. کشورهایی که دارای درصد بیشتری از انرژی تجدید پذیر (پاک) در ترکیب انرژی خود هستند، رابطه منفی با انتشار کربن خواهند داشت و بالعکس. بنابراین فرض ما در مورد ارتباط بین رشد اقتصادی و انتشار کربن این است که افزایش (کاهش) رشد اقتصادی با انتشار کربن رابطه مثبت (منفی) دارد.

1. Agras & Chapman

2. Kiviyro & Arminen

3. Zhang & Zhang

4. Shahbaz

5. Blanchard & Johnson

6. Carvalho & Almeida



در مورد ارتباط رشد اقتصادی و انتشار کربن یک مطالعه پیشگام که توسط کرافت و کرافت<sup>۱</sup> (۱۹۷۸) انجام شده است، علت بین انتشار کربن، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایالات متحده بررسی شده است. متعاقباً، ادبیات رو به رشدی در مورد این موضوع پدیدار شد و چندین محقق مشهور بر بحث در مورد رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی با تأثیر قابل توجهی بر انتشار کربن تمرکز کردند. بارکر<sup>۲</sup> (۱۹۹۳) با استفاده از یک مدل پویای چندبخشی، اثرات کلان اقتصادی مالیات کربن / انرژی پیشنهاد شده توسط گروه جوامع اروپایی را بررسی کرده و دریافته اند که استفاده از درآمد مالیاتی در اثرات اقتصاد کلان بسیار مهم است اما بر اثرات انتشار CO<sub>2</sub> حیاتی نیست. ایکین و سلدن<sup>۳</sup> (۱۹۹۵) در پژوهش در رابطه با انتشار CO<sub>2</sub> و رشد اقتصادی مدل‌های پارامتریک را با داده‌های تلفیقی برای به دست آوردن منحنی کوزنتس U شکل برای CO<sub>2</sub> به کار بردند و دریافته اند که انتشار کربن با تولید ناخالص داخلی سرانه افزایش می‌یابد.

جیائو<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه خود با عنوان رونمایی از تأثیر نامتقارن صادرات، قیمت نفت، نوآوری‌های فناورانه و نابرابری درآمد بر انتشار کربن در هند با استفاده از رویکرد تأخیر توزیع شده خود بازگشتی غیرخطی (NARDL) نشان می‌دهند که حرکت صعودی در صادرات و نوآوری‌های فناورانه منجر به افزایش انتشار کربن شده است. از سوی دیگر، کاهش صادرات، افزایش قیمت نفت و افزایش نابرابری درآمد به کاهش سطح انتشار کربن در بلندمدت کمک کرده است. این مطالعه ارتباط غیرخطی بین انتشار کربن و عوامل تعیین کننده آن را تایید کرده است.

مالک<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای با عنوان تأثیر متقارن و نامتقارن قیمت نفت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر رشد انتشار کربن در پاکستان را با رویکرد ARDL و ARDL غیرخطی مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها در مطالعه خود فرضیه EKC را برای پاکستان تحت هر دو روش بررسی کرده و نتایج فرضیه EKC را تایید می‌کنند، همچنین نتایج متقارن نشان می‌دهد که رشد اقتصادی و FDI انتشار کربن را در بلندمدت و کوتاه‌مدت تشدید می‌کند و قیمت نفت انتشار کربن را در کوتاه‌مدت افزایش و در بلندمدت کاهش می‌دهد. در حالی که نتایج نامتقارن در بلندمدت نشان می‌دهند که افزایش قیمت نفت باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش قیمت نفت باعث تشدید انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود.

ونفیسونگ<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه خود با عنوان اثرات دوطرفه سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار کربن در چین نشان می‌دهد که FDI هم یک اثر ترویجی و هم یک اثر بازدارنده بر عملکرد انتشار کربن دارد و اثر کلی با اثر بازدارندگی کمتری نسبت به یک اثر ترویجی مشخص می‌کند که ویژگی محرک مثبت اثر ترکیبی است.

اودمبا<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی خود با عنوان نیروی متقابل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)، منابع طبیعی و رشد اقتصادی در تعیین عملکرد زیست‌محیطی: رویکرد تأخیر توزیع شده خودرگرسیون غیرخطی، بیان می‌کنند که شوک‌های مثبت و منفی به رشد اقتصادی و سوخت‌های فسیلی بر محیط‌زیست الجزایر به ترتیب باعث افزایش و کاهش انتشار کربن می‌شوند، شوک‌های مثبت و منفی بر FDI و منابع طبیعی انتشار کربن را کاهش می‌دهند و در نتیجه تأثیر مثبتی بر محیط‌زیست می‌گذارند.

1. Kraft & Kraft

2. Barker

3. Eakin & Selden

4. Jiao

5. Malik

6. Wenfei Song

7. Udemba



با توجه به مورد کشور چین، رن<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۴) رابطه مثبتی بین FDI و انتشار کربن پیدا کردند، درحالی که دیگر محققان این رابطه را در سطح استانی (ژانگ و و<sup>۲</sup>، ۲۰۱۶، ۹۴۳) و در سطح شهرها (لئو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۷، ۲۷۱) منفی می‌دانند.

ریحان<sup>۴</sup> و توسپکوا (۲۰۲۲) در مطالعه خود با عنوان به‌سوی یک محیط‌زیست پایدار: پیوند بین رشد اقتصادی، استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر، مناطق جنگلی و انتشار کربن در مالزی بیان می‌کنند که ضریب رشد اقتصادی نسبت به انتشار کربن مثبت و معنادار است و نشان می‌دهند که افزایش یک درصدی رشد اقتصادی باعث افزایش ۰/۷۸ درصدی انتشار CO<sub>2</sub> می‌شود. علاوه بر این، ضریب استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر نسبت به انتشار کربن منفی است اما معنی‌دار نیست و همچنین نشان می‌دهند که افزایش استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر به میزان یک درصد با کاهش انتشار CO<sub>2</sub> به میزان ۰/۱۰ درصد همراه است. در نهایت ضریب مساحت جنگلی نسبت به انتشار کربن منفی و معنادار است، به این معنی که افزایش سطح جنگلی ۰/۱٪ با کاهش ۳/۸۶٪ در انتشار CO<sub>2</sub> مرتبط است. همچنین نتایج تجربی نشان می‌دهند که رشد اقتصادی، کیفیت زیست‌محیطی در مالزی را بدتر می‌کند درحالی که افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و مناطق جنگلی می‌تواند انتشار کربن در مالزی را کاهش دهد.

موسوی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهش خود با عنوان اثر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و توسعه مالی بر آلودگی محیط‌زیست در ایران طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۶۵ با روش الگوی پویای خود توضیح با وقفه‌های گسترده به این نتایج دست‌یافته‌اند که رابطه مثبتی بین متغیرهای درآمد سرانه و آلودگی محیط‌زیست وجود دارد. همچنین طبق نتایج حاصله بین مربع درآمد سرانه و آلودگی محیط‌زیست نیز رابطه منفی وجود دارد. لذا فرضیه زیست محیطی کوزنتس در ایران صادق بوده و ایران در قسمت صعودی منحنی EKC قرار دارد. بین مصرف فرآورده‌های نفتی و آلودگی محیط‌زیست نیز رابطه مثبت وجود دارد. هر چند بین دو متغیر توسعه مالی و باز بودن اقتصاد با آلودگی محیط‌زیست هیچ رابطه مشخصی به‌دست نیامده است.

ناهدی امیرخیز و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش خود با عنوان تجزیه و تحلیل تئوریک و تجربی منحنی آلودگی محیط‌زیست کوزنتس در ایران طی دوره ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ به تجزیه و تحلیل تئوریک و تجربی منحنی آلودگی محیط‌زیست در ایران به‌وسیله روش الگوی خود توضیح با وقفه گسترده (ARDL) پرداخته‌اند. نتایج حاصل از برآورد مدل تحقیق مذکور نشان‌دهنده وجود رابطه مثبت بین متغیرهای درآمد سرانه و آلودگی محیط‌زیست و رابطه منفی بین مربع درآمد سرانه و آلودگی محیط‌زیست می‌باشد. لذا طبق نتایج این مطالعه، فرضیه زیست محیطی کوزنتس در ایران صادق بوده و همچنین نقطه برگشت منحنی نشان می‌دهد که ایران هنوز به نقطه برگشت منحنی زیست محیطی کوزنتس نرسیده است. همچنین بین مصرف فرآورده‌های نفتی و آلودگی محیط‌زیست نیز رابطه مثبت وجود دارد.

که‌نسال و بهرامی‌نسب (۱۳۹۸) در تحقیق خود با عنوان ارزیابی رابطه مصرف انرژی و آلودگی با رشد اقتصادی در راستای سیاست‌های کلی محیط‌زیست که از الگوهای خود بازگشت برداری به‌منظور بررسی ارتباط متقابل بین متغیرها استفاده شده است. نتایج حاصل از الگوی تصحیح خطای برداری نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی اثر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی در بلندمدت خواهد داشت. درحالی که نتایج نشان می‌دهند که ورود سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به کشور می‌تواند باعث کاهش مصرف انرژی و انتشار کربن در بلندمدت شود. ضمن اینکه رشد صادرات به افزایش بلندمدت رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار کربن خواهد انجامید. همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از آن است که در بلندمدت از بین متغیرهای موردبررسی، رشد

---

1. Ren

2. Zhang & Zhou

3. Liu

4. Raihan & Tuspekova





اقتصادی دوره گذشته، صادرات و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بیشترین تأثیر را بر تولید ناخالص داخلی دارند و رشد اقتصادی و صادرات بیشترین اثرگذاری بر میزان انتشار کربن‌دی‌اکسید را دارد.

ناهدی امیرخیز و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی رابطه رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (مطالعه موردی: کشورهای منتخب سازمان همکاری اسلامی) با تکنیک پانل دیتا به این نتایج دست‌یافته‌اند که در سطح معناداری ۵ درصد، وجود فرضیه  $U$  معکوس کوزنتس در کشورهای مورد مطالعه صادق می‌باشد. زیرا ضریب مربوط به متغیر رشد تولید ناخالص داخلی و مجذور آن به ترتیب علامت مثبت و منفی می‌باشد. همچنین نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که مصرف انرژی در بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۵ بر انتشار گاز  $CO_2$  تأثیر مثبت و به لحاظ آماری معنادار داشته است.

اسعدی و همکاران (۱۴۰۱) در تحقیق خود با عنوان بررسی اثرات تغییرات ساختاری و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران: کاربرد رهیافت خود رگرسیو با وقفه‌های گسترده به این نتایج دست‌یافته است که رشد شهرنشینی با مقدار  $0/527$  درصد دارای بیشترین تأثیر مثبت و درجه باز بودن تجارت با مقدار  $0/125$  درصد، کمترین تأثیر منفی را بر انتشار دی‌اکسید کربن دارند. همچنین نتایج نشان‌دهنده تأثیر منفی رشد اقتصادی بر مقدار انتشار دی‌اکسید کربن در بلندمدت هست. همچنین ضریب تصحیح خطای مدل نشان می‌دهد که در هر دوره حدود ۱۴ درصد از عدم تعادل‌های بی‌ثباتی میزان انتشار دی‌اکسید کربن برطرف می‌شود و حدود هفت دوره لازم است تا خطای تعادل کوتاه‌مدت تعدیل و مدل به تعادل بلندمدت بازگردد. از دیگر نتایج تحقیق وجود رابطه مثبت بین رشد زیر بخش‌های اقتصادی کشور با انتشار دی‌اکسید کربن در کوتاه‌مدت و بلندمدت بوده است که باعث افزایش این آلاینده خواهد شد.

محمدیان (۱۴۰۲) در مطالعه خود با عنوان بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، حجم حمل‌ونقل و تخریب زیست‌محیطی در ایران: رویکرد جداسازی بیان می‌دارد که بر اساس نتایج حاصل برای چهار دوره (شامل دو دوره قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها (۱۳۸۸-۱۳۸۴، ۱۳۸۳-۱۳۷۹) و دو دوره بعد از اجرای این قانون (۱۳۹۷-۱۳۹۴، ۱۳۹۳-۱۳۸۹)، اصلاح قیمت‌های انرژی در سال ۱۳۸۹ هرچند باعث شد که رابطه بین رشد اقتصادی و رشد حمل‌ونقل از پیوند روبه‌رشد (رشد اقتصادی توأم با رشد حجم حمل‌ونقل) به جداسازی قوی (رشد اقتصادی توأم با کاهش حجم حمل‌ونقل) تغییر یابد اما به دلیل عدم برقراری وضعیت جداسازی قوی بین رشد حمل‌ونقل و رشد آلودگی، اصلاح قیمت‌های انرژی منجر به کاهش نشر کربن نشده است. از این رو دستیابی به توسعه کم‌کربن در بخش حمل‌ونقل کشور تنها با اصلاح قیمت‌های انرژی تحقق نمی‌یابد و مستلزم به کارگیری سیاست‌های مرتبط با بهبود کارایی انرژی و فناوری‌های مرتبط با کاهش نشر کربن است.

تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در رابطه با انتشار کربن توسط محققان صورت گرفته و این امر توجه بسیاری از سیاست‌گذاران را به خود جلب کرده است. اما مقالاتی که به طور منسجم عدم تقارن‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت را به طور مشترک مدل می‌کنند، کمیاب هستند (شین<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). به طور کلی تا آنجا که ما می‌دانیم، در مطالعات قبلی بررسی هم‌زمان تأثیر نوسانات قیمت نفت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی به صورت متقارن و غیر متقارن در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه به عنوان کشورهای هدف مورد بررسی لحاظ نشده است. با توجه به مطالعات تجربی ذکر شده، تأثیر شوک‌های مثبت و منفی متغیرها بر انتشار کربن لزوماً ثابت و یکسان نبوده و ممکن است دارای واریانس نامتقارن باشد، بدین جهت این مطالعه تأثیر این سه متغیر را هم به صورت متقارن و هم نامتقارن بر روی انتشار کربن، با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی شامل مدل‌های ARDL و ARDL غیرخطی در کشورهای هدف مورد بررسی قرار می‌دهد.

<sup>1</sup>. Shin



## مواد و روش‌ها

هدف این مطالعه بررسی روابط بین انتشار کربن، قیمت، رشد اقتصادی و FDI به صورت خطی و غیرخطی است که قادر به مدل سازی منسجم عدم تقارن‌ها هم در رابطه بلندمدت و هم در الگوهای تنظیم پویا است. الگوی استفاده شده برای ارزیابی تأثیرات قیمت نفت، FDI و رشد اقتصادی بر انتشار بر اساس یافته‌های تجربی و مباحث نظری مالک و همکاران (۲۰۲۰) که بر مبنای الگوی گروسمن و کروگر<sup>۱</sup> (۱۹۹۱) که با استفاده از مدل زیر شواهدی برای رابطه بین کیفیت محیطی و درآمد سرانه ارائه می‌کند:

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_1 Y_{it} + \beta_2 Y_{it}^2 + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

که در آن  $E_{it}$  به انتشار کربن سرانه اشاره دارد.  $Y_{it}$  تولید ناخالص داخلی سرانه است.  $\varepsilon_{it}$  عبارت خطا است.  $i$  نشان دهنده کشور است و  $t$  نشان دهنده سال در معادله است.  $Y$  و  $Y^2$  به عنوان متغیرهای مستقل، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، قیمت انرژی و همراه برخی متغیرهای کنترلی وارد مدل می‌شوند.

(۲)

$$\ln CO2_t = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_t + \beta_2 \ln GDP_t^2 + \beta_3 \ln FDI_t + \beta_4 \ln OP_t + \gamma_5 Control_t + \varepsilon_t$$

بر اساس ادبیات بررسی شده، این مقاله از واردات و صادرات به عنوان شاخص‌های کمی برای تجارت همراه با FDI برای مطالعه تأثیر تجارت و FDI بر انتشار کربن استفاده می‌کند. طبق فرضیه EKC، رابطه بین کیفیت محیطی و مجذور عبارت تولید ناخالص داخلی سرانه باید منحنی U شکل معکوس باشد؛ بنابراین، اگر نماد  $\beta_1$  مثبت و علامت  $\beta_2$  منفی باشد، فرضیه EKC ثابت می‌شود. منبع داده‌های ما که برای این مطالعه استفاده خواهیم کرد از بانک جهانی<sup>۲</sup> جمع‌آوری خواهد شد، همچنین داده‌های قیمت انرژی از تحقیقات اقتصادی<sup>۳</sup>، سرمایه انسانی از جدول پن جهانی<sup>۴</sup> و اطلاعات حاکمیت‌ها از مؤسسه فریزر و کارتو جمع‌آوری می‌شود.

## روش خودرگرسیون تاخیر توزیع شده

به منظور بررسی رابطه همبستگی بلندمدت بین متغیرها، روش‌های اقتصادسنجی مختلفی وجود دارد، مانند آزمون آزمون انگل و گرنجر<sup>۵</sup> (۱۹۸۷) و پی‌تر و هانسن<sup>۶</sup> (۱۹۹۰) که روش حداقل مربعات معمولی را به طور کامل برای هم انباشتگی تک متغیره اصلاح کردند، در حالی که یوهانسن<sup>۷</sup> (۱۹۸۸) و یوهانسن و جوسلیوس<sup>۸</sup> (۱۹۹۰) روش حداکثر درست‌نمایی را به طور گسترده برای هم انباشتگی چند متغیره مورد استفاده قرار دادند. غالباً هم انباشتگی یوهانسن (۱۹۸۸) به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و بر روش‌های دیگر ترجیح داده می‌شود، زیرا می‌تواند سوگیری اندازه نمونه کوچک را در خود حل کند و بیش از یک رابطه هم انباشتگی را ارائه دهد، اما مستلزم یکپارچه بودن همه متغیرها است. پسران<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۰۱) روش خودرگرسیون تاخیر توزیع شده (ARDL) برای حل مشکلات هم انباشتگی یوهانسن ارائه کردند. در این مطالعه از روش ARDL برای انجام هم انباشتگی چند متغیره بین متغیرهای

1. Grossman & Krueger

2. World Bank

3. Economics Research, <https://fred.stlouisfed.org/series/WTISPLC>

4. Penn World Table

5. Engle & Granger

6. Peter & Hansen

7. Johansen

8. Johansen & Juselius

9. Pesaran



مطالعه استفاده شد. آزمون کرانه‌ها ARDL در مقایسه با سایر روش‌های هم‌انباشتگی چند متغیره مزایای بیشتری دارد که به شرح زیر است (پسران و همکاران، ۲۰۰۱، ۲۸۹):

۱: ARDL، با استفاده از انتخاب تأخیر مناسب، به‌اندازه کافی همبستگی سریالی و درون‌زایی را در بین متغیرها تطبیق می‌دهد و برآوردهای قوی ارائه می‌دهد.

۲: برخلاف هم‌جمعی یوهانسن، ARDL نیازی به ادغام همه متغیرهای مدل به یک ترتیب ندارد. روش ARDL را می‌توان تا زمانی که متغیرها در سطوح تفاضل اول و دوم مانا باشند، استفاده کرد.

۳: مشابه ادغام یوهانسن، ARDL می‌تواند برای نمونه کوچک اعمال شود (اودیامبو، ۲۰۰۹، ۶۱۷).

۴: درنهایت، پویایی بلندمدت و کوتاه‌مدت مدل‌ها را به‌طور هم‌زمان تخمین می‌زند.

با توجه به مزایای فوق، ARDL نسبت به سایر روش‌ها و داده‌های نمونه انتخاب‌شده؛ در این مقاله، ما از روش ARDL برای مطالعه رابطه پویا بین تولید ناخالص داخلی سرانه، FDI، قیمت نفت و انتشار کربن استفاده می‌کنیم. معادله به‌صورت زیر است:

$$\Delta \ln CO2_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^P \beta_1 \Delta \ln CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^P \beta_2 \Delta \ln GDP_{t-i} \quad (3)$$

$$+ \lambda_2 \Delta \ln GDP_{t-1} + \lambda_3 \Delta \ln GDP^2_{t-1} + \lambda_4 \Delta \ln FDI_{t-1} + \lambda_5 \Delta \ln OP_{t-1} + \varepsilon_t$$

معادله فوق همچنین یک مدل تصحیح خطای نامحدود (UECM) مربوط به آزمون مرزی ARDL است که در آن دلتاها به‌معنای تفاضل مرتبه اول است و مقادیر اختلاف مربوطه آن‌ها را نشان می‌دهد، درحالی‌که  $\beta_2$  تا  $\beta_5$  روابط پویا کوتاه‌مدت را نشان می‌دهند و  $\lambda_1$  تا  $\lambda_5$  نشان‌دهنده رابطه پویا بلندمدت است که دوره تأخیر متغیر توضیح داده‌شده و هر متغیر توضیحی را به‌ترتیب نشان می‌دهد. مرحله بعدی تخمین نتایج بلندمدت و کوتاه‌مدت و انجام آزمون‌های تشخیصی برای اطمینان از پایداری مدل است. معادله زیر مدل‌های کوتاه‌مدت را نشان می‌دهد، که در آن  $\theta_i$  نشان‌دهنده سرعت تنظیم تعادل بلندمدت پس از شوک در دوره کوتاه است.

(۴)

$$\Delta \ln CO2_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^P \beta_1 \Delta \ln CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^P \beta_2 \Delta \ln GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^P \beta_3 \Delta \ln GDP^2_{t-i}$$

$$+ \sum_{i=1}^P \beta_4 \Delta \ln FDI_{t-i} + \sum_{i=1}^P \beta_5 \Delta \ln OP_{t-i} + \theta ECT_{t-1} + \varepsilon_t$$

که در آن  $CO2_t$  انتشار کربن سرانه است  $GDP_t$  تولید ناخالص داخلی سرانه،  $GDP_t^2$  مجذور عبارت تولید ناخالص داخلی سرانه،  $FDI_t$  سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی سرانه و  $OP_t$  قیمت نفت است.  $C$  به‌معنی متغیرهای کنترلی در مدل است که به شرح زیر می‌باشد  $INF_t$  تورم سرانه است  $HC_t$  شاخص سرمایه انسانی،  $FD_t$  توسعه مالی است و  $UP_t$  جمعیت شهری به‌صورت درصدی از کل جمعیت است.  $\varepsilon_t$  عبارت باقیمانده است و  $t$  سال را در معادله نشان می‌دهد.

### وقفه توزیع‌شده خودرگرسیون غیرخطی (ARDL غیرخطی)

توسعه ادبیات فوق‌الذکر منعکس‌کننده این باور است که اطلاعات نشان داده‌شده توسط مدل‌های خطی ممکن است به‌اندازه کافی غنی نباشد تا امکان استنتاج قوی یا پیش‌بینی‌های قابل‌اعتماد را فراهم کند؛ و به‌طور کلی، این نگرانی کلی را نشان می‌دهد که فرض تعدیل خطی ممکن است در طیف گسترده‌ای از موقعیت‌های اقتصادی بسیار محدودکننده باشد. لذا در این مطالعه برای به‌دست آوردن رابطه نامتقارن بین متغیر مطالعه، ARDL غیرخطی را با استفاده از روش شین و همکاران (۲۰۱۴) انجام می‌دهیم. مشابه ARDL، ARDL غیرخطی نیز نیازی به ادغام همه متغیرها به یک ترتیب ندارد؛ بنابراین، مدل (۲) به‌شکل زیر گسترش می‌یابد:



(۵)

$$\text{LnCO2}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln GBP}_t + \beta_2 \text{Ln GBP}_t^2 + \beta_3 \text{Ln FDI}_t^+ + \beta_4 \text{Ln FDI}_t^- + \beta_5 \text{Ln OP}_t^+ + \beta_6 \text{Ln OP}_t^- + \varepsilon_t$$

$\text{Ln FDI}_t^-$  و  $\text{Ln FDI}_t^+$  نشان دهنده تغییرات فرآیند جمع جزئی اثرات مثبت و منفی در FDI است که از معادله (۶) مشتق شده است.

درحالی که  $\text{Ln OP}_t^+$  و  $\text{Ln OP}_t^-$  نشان دهنده تغییرات فرآیند جمع جزئی تغییرات مثبت و منفی در قیمت نفت که از معادله (۷) به دست آمده است.

$$\text{Ln FDI}_t^+ = \sum_{j=1}^t \Delta \text{Ln FDI}_t^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta \text{Ln FDI}_t, 0),$$

$$\text{Ln FDI}_t^- = \sum_{j=1}^t \Delta \text{Ln FDI}_t^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta \text{Ln FDI}_t, 0) \quad (۶)$$

$$\text{Ln OP}_t^+ = \sum_{j=1}^t \Delta \text{Ln OP}_t^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta \text{Ln OP}_t, 0)$$

$$\text{Ln OP}_t^- = \sum_{j=1}^t \Delta \text{Ln OP}_t^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta \text{Ln OP}_t, 0) \quad (۷)$$

با پیروی از مراحل مشابهی که تحت روش ARDL انجام شده است، ما آزمون ریشه واحد را برای ایستایی  $\text{Ln FDI}_t^-$ ،  $\text{Ln FDI}_t^+$ ،  $\text{Ln OP}_t^-$ ،  $\text{Ln OP}_t^+$ ، انجام داده ایم و متغیرها را با یکبار تفاضل گیری مانا می کنیم. سپس از روش غیرخطی ARDL برای بررسی رابطه نامتقارن بین متغیرهای مطالعه استفاده می کنیم. معادله به صورت زیر است:

(۸)

$$\begin{aligned} \Delta \text{LnCO2}_t &= \delta_i + \sum_{i=1}^P \delta_i \Delta \text{LnCO2}_{t-i} + \sum_{i=1}^P \delta_i \Delta \text{LnGDP}_{t-i} + \\ & \sum_{i=1}^P (\delta_i^+ \Delta \text{Ln FDI}_{t-i}^+ + \delta_i^- \Delta \text{Ln FDI}_{t-i}^-) + \sum_{i=1}^P (\delta_i^+ \Delta \text{Ln OP}_{t-i}^+ + \delta_i^- \Delta \text{Ln OP}_{t-i}^-) \\ &= \lambda_1 \Delta \text{LnCO2}_{t-1} + \lambda_2 \Delta \text{LnGDP}_{t-1} + \lambda_3^+ \Delta \text{Ln FDI}_{t-1}^+ + \lambda_4^- \Delta \text{Ln FDI}_{t-1}^- + \lambda_5^+ \Delta \text{Ln OP}_{t-1}^+ \\ & \quad + \lambda_6^- \Delta \text{Ln OP}_{t-1}^- + \varepsilon_t \end{aligned}$$

که در آن  $\sum_{i=1}^P \delta_i^+$  و  $\sum_{i=1}^P \delta_i^-$  اثر مثبت و منفی کوتاه مدت FDI و قیمت نفت بر انتشار کربن را نشان می دهد، درحالی که  $\lambda_i^+$  و  $\lambda_i^-$  اثرات مثبت و منفی طولانی مدت قیمت نفت و FDI بر انتشار کربن را نمایش می دهد. مدل تصحیح جمله خطا در معادله ۸ به صورت زیر نمایش داده می شود:

(۹)

$$\begin{aligned} \Delta \text{LnCO2}_t &= \sum_{i=1}^P \delta_i \Delta \text{LnCO2}_{t-i} + \sum_{i=1}^P \delta_i \Delta \text{LnGDP}_{t-i} + \sum_{i=1}^P (\delta_i^+ \Delta \text{Ln FDI}_{t-i}^+ + \delta_i^- \Delta \text{Ln FDI}_{t-i}^-) \\ & \quad + \sum_{i=1}^P (\delta_i^+ \Delta \text{Ln OP}_{t-i}^+ + \delta_i^- \Delta \text{Ln OP}_{t-i}^-) \end{aligned}$$

در معادله فوق،  $\theta_i$  عبارت تصحیح خطا و همچنین سرعت تنظیم تعادل بلندمدت پس از شوک کوتاه مدت را نشان می دهد.  $\delta_i$  نشان دهنده ضرایب کوتاه مدت است، درحالی که  $\delta_i^+$  و  $\delta_i^-$  نشان دهنده عدم تقارن تعدیل کوتاه مدت است. مشابه ARDL، آزمون کران با استفاده از آماره F برای آزمون معنی داری مشترک انجام می شود تا مشخص شود آیا رابطه هم جمعی وجود دارد یا خیر (پسران و همکاران، ۲۰۰۱، ۲۹۰) و آزمون استاندارد والد برای بررسی تقارن کوتاه مدت  $\delta = \delta^+ = \delta^-$  و تقارن بلندمدت  $\lambda = \lambda^+ = \lambda^-$  برای FDI و OP انجام می شود.



## یافته‌های تحقیق

## روش خودرگرسیون تأخیر توزیع شده (ARDL)

آزمون هم انباشتگی، کاذب بودن یا نبودن ضرایب تعادل بلندمدت به دست آمده را مورد بررسی قرار می‌دهد. به عبارت دیگر این آزمون بررسی می‌کند که آیا رابطه پویای کوتاه مدت به سمت تعادل بلندمدت گرایش دارد یا خیر. با ترکیب اطلاعات حاصل از گسست ساختاری و انتخاب طول تأخیر، آزمون معنی داری Joint-F را برای معادله (۳) در برابر مقادیر بحرانی ارائه شده توسط پسران بررسی می‌کنیم. مقدار آماره F از معادله پایه (۳) محاسبه می‌شود و همان طور که در جدول ۱ نشان داده شده است با توجه به مقادیر آماره F محاسبه شده در شرایط عرض از مبدأ مقید و بدون روند که بالاتر از مقدار بحرانی کران بالایی جدول نارایان (۲۰۰۵) است (مقادیر I(1) در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مطالعه در تمامی کشورهای مورد بررسی را تایید می‌کند. واریانس ناهمسان به این معناست که در تخمین مدل‌های رگرسیون مقادیر جملات خطا دارای واریانس‌های نابرابر هستند. در رابطه با بررسی واریانس ناهمسان به به روش پاگان گادفری نتیجه گیری شده است که ما نمی‌توانیم فرضیه صفر مبنی بر وجود همسانی واریانس رد نمی‌شود و واریانس ناهمسان در متغیرهای هیچ کدام از کشورهای مورد بررسی وجود ندارد. زیرا همان طور که مشاهده می‌شود در تمام کشورهای مورد بررسی، Prob بالای پنج درصد می‌باشد.

## انباشتگی جدول ۱- نتایج آزمون هم

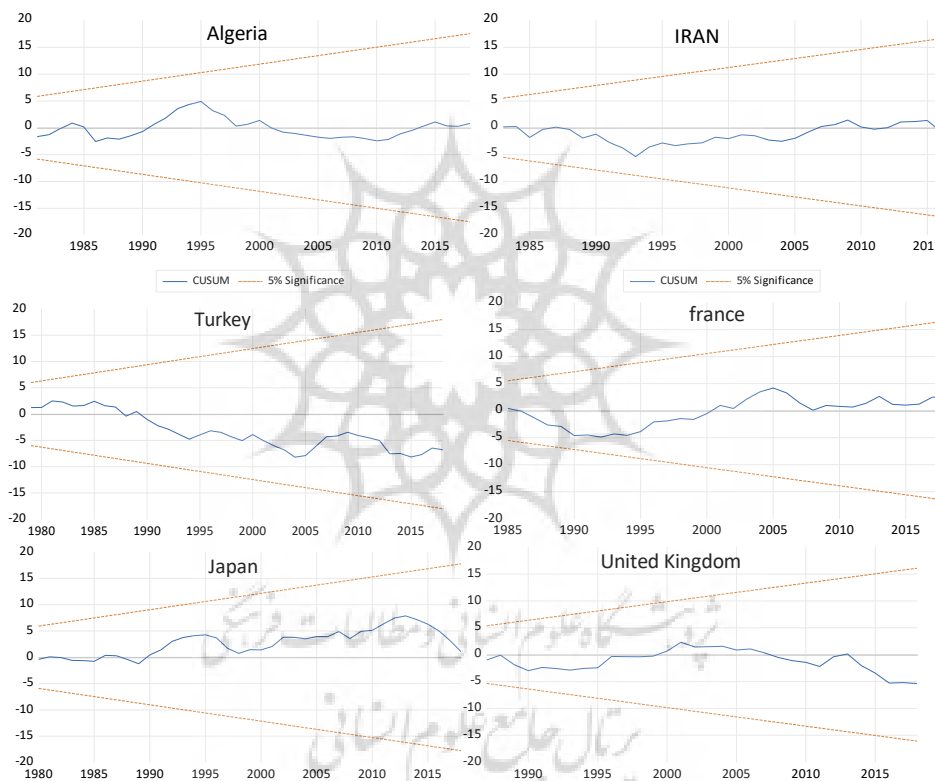
F-Bounds Test						کشور
Finite Sample: n=۴۵			Null Hypothesis: No levels relationship			
I(۱)	I(۰)	Significance	Value	Test Statistic		
۳/۲۵	۲/۱۹	۰/۱	۱۰/۰۴	F-statistic		Algeria
۳/۷۷	۲/۵۹	۰/۰۵	۶	k		
۴/۹۳	۳/۵۴	۰/۰۱				
۳/۲۵	۲/۱۹	۰/۱	۵/۴۳	F-statistic		france
۳/۷۷	۲/۵۹	۰/۰۵	۶	k		
۴/۹۳	۳/۵۴	۰/۰۱				
۳/۲۵	۲/۱۹	۰/۱	۲۳/۵۶	F-statistic		IRAN
۳/۷۷	۲/۵۹	۰/۰۵	۶	k		
۴/۹۳	۳/۵۴	۰/۰۱				
۳/۲۵	۲/۱۹	۰/۱	۶/۱۵	F-statistic		Japan
۳/۷۷	۲/۵۹	۰/۰۵	۶	k		
۴/۹۳	۳/۵۴	۰/۰۱				
۳/۲۵	۲/۱۹	۰/۱	۹/۳۷	F-statistic		Turkey
۳/۷۷	۲/۵۹	۰/۰۵	۶	k		
۴/۹۳	۳/۵۴	۰/۰۱				
۳/۲۵	۲/۱۹	۰/۱	۵/۲۶	F-statistic		UNITED KINGDOM
۳/۷۷	۲/۵۹	۰/۰۵	۶	k		
۴/۹۳	۳/۵۴	۰/۰۱				

دهم می‌جز عرض از مبدأ را نشان تعداد متغیرهای توضیحی به K=

Actual Sample Size ۴۳-۴۴

Model selection method: Schwarz criterion (SIC)

شکست ساختاری زمانی اتفاق می‌افتد که متغیرهای پایه‌ای یک رابطه، مقادیر متفاوتی را در زیر مجموعه‌های مختلف داده‌ها می‌گیرند به طوری که مقادیر آن‌ها در مدل در کل دوره زمانی یکسان نیست. وجود شکست ساختاری در سری‌های زمانی اقتصادی به دلیل وجود شوک‌هایی مانند رویدادهای مهم اقتصادی (مانند رکود، تحریم و...)، شوک‌های نفتی، تغییرات سیاسی (مانند جنگ و صلح)، نوسانات آب و هوایی، پیشرفت‌های فناوری و مانند آن بسیار رایج است. شکست ساختاری باعث می‌شود مدل‌هایی با ضرایب ثابت، اعتبار لازم را نداشته باشند و در اهداف پیش‌بینی یا تحلیل اثرات تغییرات سیاسی ضعیف عمل کنند. بنابراین برای سنجش دارا بودن اعتبار مدل، از آزمون CUSUM جهت بررسی وجود شکست ساختاری استفاده کردیم. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است با توجه خارج نشدن خط آبی که همان  $\beta$  هست از مرز خط‌چین‌های قرمز رنگ هر یک از اشکال مربوط به هر کشور که نشان می‌دهد در هیچ کدام از کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته مورد مطالعه شکست ساختاری وجود ندارد. لذا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ضرایب تخمین خورده در طول زمان قابل اعتماد است.



شکل ۱- نتایج آزمون CUSUM

### فرضیه کوزنتس

طبق فرضیه EKC، رابطه بین کیفیت محیطی و مجذور عبارت تولید ناخالص داخلی سرانه باید منحنی U شکل معکوس باشد؛ بنابراین، اگر نماد  $\beta_1$  مثبت و علامت  $\beta_2$  منفی باشد، فرضیه EKC ثابت می‌شود. با توجه به مطالب بیان شده و با استفاده از معادله پایه‌ای ۲ وجود فرضیه EKC را برای کشورهای هدف بررسی می‌کنیم. همان‌طور که در جدول ۲ مشخص شده است علامت ضریب رگرسیون  $GDP$  یعنی  $\beta_1$  مثبت و علامت ضریب رگرسیون  $GDP^2$  یعنی  $\beta_2$  در کشورهای الجزایر، ژاپن و انگلیس منفی هست به این معنی که فرضیه EKC در این کشورها رد نمی‌شود. زیرا در این کشورها طبق فرضیه EKC در مراحل اولیه رشد و توسعه اقتصادی،



انتشار فزاینده آلاینده اجتناب‌ناپذیر است و زمانی که انتشار کربن به حداکثر میزان خود رسید، نرخ رشد اقتصادی بالاتر، جریان کاهشی انتشار آغاز می‌شود و کیفیت محیطی به دلیل بهبود استانداردهای زندگی ناشی از تولید ناخالص داخلی سرانه بالاتر بهبود می‌یابد. اما این فرضیه در سه کشور ایران، فرانسه و ترکیه رد می‌شود به این دلیل که علامت  $\beta_1$  و  $\beta_2$  در این سه کشور هر دو مثبت است. زیرا این کشورها برخلاف فرضیه EKC (فرضیه شکل N) پس از رسیدن به شکل U معکوس، برای رشد اقتصادی بیشتر محیط‌زیست خود را تخریب می‌کنند.

### جدول ۲- نتایج فرضیه کوزنتس

Dependent Variable: LOG (CO <sub>2</sub> )					
Method: Least Squares					
Sample (adjusted): ۱۹۷۰ ۲۰۱۸					
Included observations: ۴۹ after adjustments					
Coefficient					Variable
UnitedKingdom	Turkey	Japan	iran	france	Algeria
۲/۱۹	۰/۴۷	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۸۱	۱/۱۶
-۰/۱۸	۰/۱۲	-۰/۲۴	۰/۴۸	۰/۳۲	-۰/۳۷
۰/۰۳	۰/۰۲	-۰/۰۳	۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۵
۰	۰/۰۲	۰	۰/۰۲	-۰/۰۱	۰
-۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۸
-۷/۶۱	۱/۵۵	۰/۸۹	۰/۴۲	-۴/۵۱	۱/۱۸
-۰/۶۵	-۰/۲۶	۰	-۰/۰۶	-۰/۱۱	-۰/۵۶
					<b>LOG (GDP)</b>
					<b>DLOGGDP_۲</b>
					<b>LOG (OP)</b>
					<b>LOG (FDI)</b>
					<b>LOG (INF)</b>
					<b>LOG (HC)</b>
					<b>LOG (UP)</b>

### ارتباط متقارن و بلندمدت متغیرهای توضیح‌دهنده بر انتشار

این بخش یافته‌های این تحقیق در مورد ارتباط بلندمدت قیمت نفت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی با انتشار کربن با استفاده از روش ARDL خطی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود با توجه به علامت ضرایب به‌دست آمده، قیمت نفت با انتشار کربن در همه کشورهای مورد تحقیق رابطه معکوس (منفی) دارد. به این معنا که افزایش قیمت نفت می‌تواند منجر به کاهش مصرف نفت و متعاقباً منجر به انتشار کربن کمتری شود. یافته‌های این مطالعه در مورد رشد اقتصادی و انتشار کربن در همه کشورهای هدف رابطه مستقیم (مثبت) را نشان می‌دهد. زیرا با افزایش رشد اقتصادی، فعالیت‌های اقتصادی و تولیدی نیز افزایش یافته و در نتیجه این فعالیت‌ها، انتشار کربن نیز افزایش می‌یابد. اما در مورد ارتباط سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با انتشار کربن یافته‌های این مطالعه به این صورت است که در کشورهای الجزایر، ایران و انگلیس سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار کربن رابطه مستقیم (مثبت) دارد و با افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، انتشار کربن نیز افزایش می‌یابد. زیرا در این کشورها با توجه به شرایط اقتصادی موجود، برای جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی؛ منابع ارزان و سیاست‌های سخت‌گیرانه کمتر محیط‌زیست برقرار می‌باشد. ولی در کشورهای فرانسه، ژاپن و ترکیه یافته‌ها نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با انتشار کربن رابطه معکوس (منفی) دارد. زیرا در این کشورها در خصوص سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، امکان اشتراک دانش و سرریز فناوری فراهم شده لذا تغییرات زیست‌محیطی ناشی از افزایش و ارتقا مهارت‌های مدیریتی، متأثر از FDI در حال افزایش بوده و همچنین در این کشورها سیاست‌های سخت‌گیرانه محیط‌زیست برقرار می‌باشد. در کل با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان این‌گونه بیان نمود که که ویژگی‌های خاص کشورها نقش مهمی در تعریف رابطه بین FDI و انتشار کربن دارند.



## جدول ۳- ارتباط بلندمدت متغیرها با انتشار کربن

Levels Equation							
Case ۲: Restricted Constant and No Trend							
	Coefficient					Variable	
	UNITED KINGDOM	Turkey	Japan	Iran	France	Algeria	
	-۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۷	۰	۰	-۰/۳۲	LOG (OP)
	۰	-۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۰۲	-۰/۰۳	-۰/۰۶	LOG (FDI)
	۰/۰۹	۰/۴۷	۰/۹۵	۰/۶۷	۲/۶۳	۲/۹۱	LOG (GDP)
	۰/۰۶	-۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۸	LOG (INF)
	-۰/۰۲	-۱/۲۱	-۶/۷۳	۰/۰۴	-۱۰/۱۶	۲/۱۴	LOG (HC)
	-۳/۵	۱/۰۴	۳/۸۷	۰/۳۹	۱/۳۸	-۰/۹۳	LOG (UP)
	۶۲/۹	-۱۹/۷۸	-۷۰/۶۹	-۱۱/۱۲	-۳۸/۱۴	-۸/۷۳	C

## تصحیح خطا

نتایج موجود در جدول ۴ حاصل از مدل تصحیح خطا است که سرعت حرکت به سمت تعادل را در یک رابطه هم‌انباشتگی را تخمین می‌زند. در اینجا، عبارت تصحیح خطا با عنوان CointEq نشان داده می‌شود. این نشان می‌دهد که از هر حرکت که در حالت عدم تعادل اتفاق می‌افتد، به مقدار CointEq درصد در یک دوره اصلاح می‌شود. به این معنا که به‌عنوان مثال در کشور الجزایر حدود ۵۸٪ از هر مقدار عدم تعادل در یک دوره حرکت کوتاه‌مدت به سمت بلندمدت اصلاح می‌شود. یا به عبارتی نشان می‌دهد در صورتی که از تعادل دور شویم چقدر زمان لازم است تا مجدداً به تعادل برسیم.

## جدول ۴- نتایج تصحیح خطا

ECM Regression				
Case ۲: Restricted Constant and No Trend				
Prob	t-Statistic	Std. Error	Coefficient	Variable
۰	-۱۱/۶۳	۰/۱۴	-۱/۶	Algeria
۰	-۷/۸۳	۰/۱۲	-۰/۹۷	France
۰	-۱۵/۳۵	۰/۰۶	-۰/۸۸	Iran
۰	-۸/۵۹	۰/۰۸	-۰/۷	Japan
۰	-۵/۹۳	۰/۰۸	-۰/۴۹	Turkey
۰	-۷/۲۸	۰/۲۵	-۱/۸	UNITED KINGDOM

## روش خودرگرسیون تأخیر توزیع شده غیرخطی (Non-linear ARDL)

مشابه روش خودرگرسیون تأخیر توزیع شده خطی آزمون هم‌انباشتگی انجام می‌شود. با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی، کاذب بودن یا نبودن ضرایب تعادل بلندمدت به دست آمده را بررسی می‌کنیم. ما بررسی می‌کنیم که آیا رابطه پویای کوتاه‌مدت به سمت تعادل بلندمدت گرایش دارد یا خیر. همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است، مقادیر آماره F محاسبه شده در تمامی کشورهای هدف بالاتر از مقدار بحرانی کران بالایی جدول نارایان (۲۰۰۵) در شرایط ثابت و بدون روند هستند که در سطح ۱٪ از نظر آماری معنی‌دار هستند. این نتایج وجود رابطه بلندمدت در بین متغیرها را نشان می‌دهند. مشابه بررسی همسانی واریانس برای مدل خطی به بررسی همسانی واریانس برای مدل غیرخطی می‌پردازیم. در خصوص همسانی واریانس هم با بررسی واریانس ناهمسان به به روش پاگان





گاد فری فرضیه صفر را که مبنی بر وجود همسانی واریانس است، رد نمی‌شود. چون همان‌طور که مشاهده می‌شود در تمام کشورهای مورد تحقیق Prob هر دو آماره بالای پنج درصد می‌باشد. بنابراین تفسیر ما از نتایج جدول چنین است که مدل دارای همسانی واریانس است.

### جدول ۵- نتایج آزمون باند تست برای بخش نامتقارن

F-Bounds Test					کشور
Null Hypothesis: No levels relationship					
Finite Sample: n=۴۵		Significance	Value	Test Statistic	
I(۱)	I(۰)			F-statistic	Algeria
۳/۲۵	۲/۱۹	۰/۱	۱۷/۵۴		
۳/۷۷	۲/۵۹	۰/۰۵	۶	k	
۴/۹۳	۳/۵۴	۰/۰۱			france
۳/۲۵	۲/۱۹	۰/۱	۹/۷۱	F-statistic	
۳/۷۷	۲/۵۹	۰/۰۵	۶	k	
۴/۹۳	۳/۵۴	۰/۰۱			IRAN
۳/۲۵	۲/۱۹	۰/۱	۵/۹۴	F-statistic	
۳/۷۷	۲/۵۹	۰/۰۵	۶	k	
۴/۹۳	۳/۵۴	۰/۰۱			Japan
۳/۶۴	۲/۶۱	۰/۱	۱۰/۳۴	F-statistic	
۴/۲	۳/۰۳	۰/۰۵	۶	k	
۵/۴۶	۴	۰/۰۱			Turkey
۳/۲۵	۲/۱۹	۰/۱	۸/۳۷	F-statistic	
۳/۷۷	۲/۵۹	۰/۰۵	۶	k	
۴/۹۳	۳/۵۴	۰/۰۱			UNITED KINGDOM
۳/۲۵	۲/۱۹	۰/۱	۹/۴۹	F-statistic	
۳/۷۷	۲/۵۹	۰/۰۵	۶	k	
۴/۹۳	۳/۵۴	۰/۰۱			

جز عرض از مبدأ تعداد متغیرهای توضیحی به K=

Actual Sample Size ۴۳-۴۴

Model selection method: Schwarz criterion (SIC)

### تأثیر نامتقارن قیمت نفت بر انتشار کربن

در این مرحله هدف اصلی ما بررسی ارتباط نامتقارن بلندمدت متغیرها بر روی انتشار کربن هست با بررسی جدول ۶ می‌توان نتیجه گرفت در کشور الجزایر افزایش ۱ درصدی قیمت نفت منجر به کاهش ۰/۵۶ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس) و کاهش ۱ درصدی قیمت نفت منجر به کاهش ۰/۸۰۵ درصدی در انتشار کربن می‌شود (همچنین معکوس). در کشور فرانسه افزایش ۱ درصدی قیمت نفت منجر به کاهش ۱/۲۲ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس) و کاهش ۱ درصدی قیمت نفت منجر به افزایش ۱/۶۳ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس).

در کشور ایران افزایش ۱ درصدی قیمت نفت منجر به کاهش ۰/۱۵ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس) و کاهش ۱ درصدی قیمت نفت منجر به کاهش ۰/۱۹ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس). در کشور ژاپن افزایش ۱ درصدی قیمت نفت منجر به کاهش ۰/۳۹ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس) و کاهش ۱ درصدی قیمت نفت منجر به کاهش



۰/۰۱ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه ناچیز). در کشور ترکیه افزایش ۱ درصدی قیمت نفت منجر به کاهش ۰/۱۶۳ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس) و کاهش ۱ درصدی قیمت نفت منجر به افزایش ۰/۰۱۵ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس). در کشور انگلیس افزایش ۱ درصدی قیمت نفت منجر به کاهش ۰/۰۳ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه ناچیز) و افزایش ۱ درصدی قیمت نفت منجر به افزایش ۰/۶۹۰ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس). واضح است که انتشار کربن در رابطه با قیمت نفت در کشورهای الجزایر، فرانسه، ایران و ژاپن، بیشتر به تغییرات منفی پاسخ می‌دهد. زیرا ضریب بزرگ‌تر است و در کشورهای ترکیه و انگلیس، بیشتر به تغییرات مثبت قیمت نفت پاسخ می‌دهد زیرا ضریب بزرگ‌تر است.

### تأثیر نامتقارن FDI بر انتشار کربن

در کشور الجزایر افزایش ۱ درصدی سرمایه‌گذاری مستقیم منجر به افزایش ۰/۰۶ درصدی (که ناچیز است) در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت) و کاهش ۱ درصدی FDI منجر به افزایش ۰/۷ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس). در کشور فرانسه افزایش ۱ درصدی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منجر به کاهش ۰/۵۰ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس) و کاهش ۱ درصدی FDI منجر به کاهش ۰/۷۳ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت). در کشور ایران افزایش ۱ درصدی FDI منجر به افزایش ۰/۰۶ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت) و کاهش ۱ درصدی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منجر به افزایش ۰/۰۷ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس). در کشور ژاپن افزایش ۱ درصدی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منجر به کاهش ۰/۰۵۴ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس) و کاهش ۱ درصدی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منجر به کاهش ۰/۰۳۳ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت). در کشور ترکیه افزایش ۱ درصدی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منجر به افزایش ۰/۰۵۵ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت) و کاهش ۱ درصدی FDI منجر به افزایش ۰/۰۴ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس). در کشور انگلیس افزایش ۱ درصدی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منجر به کاهش ۰/۰۲۴ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس) و کاهش ۱ درصدی FDI منجر به کاهش ۰/۰۲۲ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت). واضح است که انتشار کربن در رابطه با سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای الجزایر، فرانسه، ایران بیشتر به تغییرات منفی پاسخ می‌دهد زیرا ضریب آن بزرگ‌تر است و در کشورهای ژاپن، ترکیه و انگلیس، بیشتر به تغییرات مثبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی پاسخ می‌دهد زیرا ضریب بزرگ‌تر است. بنابراین روشن است که ویژگی‌های خاص کشورها نقش مهمی در تعریف رابطه بین FDI و انتشار کربن دارند.

### تأثیر نامتقارن GDP بر انتشار کربن

در کشور الجزایر افزایش ۱ درصدی GDP منجر به افزایش ۴/۶۷ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت) و کاهش ۱ درصدی GDP منجر به افزایش ۴/۵۷ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس). در کشور فرانسه افزایش ۱ درصدی GDP منجر به افزایش ۱۶/۴۵ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت) و کاهش ۱ درصدی GDP منجر به کاهش ۱۳/۷۲ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت). در کشور ایران افزایش ۱ درصدی GDP منجر به افزایش ۱/۴۴ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت) و کاهش ۱ درصدی GDP منجر به افزایش ۰/۴۸ درصدی (که ناچیز است) در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس). در کشور ژاپن افزایش ۱ درصدی GDP منجر به افزایش ۱/۷۲ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مستقیم) و کاهش ۱ درصدی GDP منجر به کاهش ۱۲/۱۵ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت). در کشور ترکیه افزایش ۱ درصدی GDP منجر به افزایش ۰/۸۱ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت) و کاهش ۱ درصدی GDP منجر به کاهش ۰/۳۵ درصدی در انتشار



کربن می‌شود (رابطه مثبت). در کشور انگلیس افزایش ۱ درصدی GDP منجر به کاهش ۲/۶۹ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه مثبت) و افزایش ۱ درصدی GDP منجر به افزایش ۲/۱۷ درصدی در انتشار کربن می‌شود (رابطه معکوس). واضح است که انتشار کربن در رابطه با GDP در کشورهای ترکیه و ژاپن بیشتر به تغییرات منفی پاسخ می‌دهد زیرا ضریب بزرگ‌تر است و در کشورهای الجزایر، فرانسه، ایران و انگلیس، بیشتر به تغییرات مثبت GDP پاسخ می‌دهد زیرا ضریب بزرگ‌تر است.

**جدول ۶- نتایج ارتباط بلندمدت نامتقارن**

Levels Equation						
Case ۲: Restricted Constant and No Trend						
Coefficient						Variable
انگلستان	ترکیه	ژاپن	ایران	فرانسه	الجزایر	
۴/۶۷	۴/۵	۰/۰۶۱	۰/۷	-۰/۵۶	-۰/۸	LOGOP_NEG
.	.	۰/۲۲	.	.	.	LOGOP_POS
۱۶/۴۵	-۱۳/۷	-۰/۵	-۰/۷۳	-۱/۲۲	۱/۶۳	LOGFDI_NEG
.	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	.	.	LOGFDI_POS
۱/۴۴	۰/۴۸	۰/۰۶	۰/۰۷	-۰/۱۵	-۰/۱۹	LOGGDP_NEG
۰/۰۷	.	۰/۱۲	۰/۱	۰/۳	۰/۰۱۷	LOGGDP_POS
۱/۷۲	-۱۲/۱۵	-۰/۰۵	-۰/۰۳	۰/۰۱	-۰/۳۹	C

### هم‌انباشتگی نامتقارن

جهت بررسی متقارن یا نامتقارن بودن اثر تکانه‌های متغیرها بر انتشار کربن از آزمون والد استفاده می‌کنیم. آزمون والد به‌طور کلی مستقیماً به آزمون محدودیت‌ها می‌پردازد. در این آزمون اگر در نتایج Probability نزدیک به صفر باشد فرضیه  $H_0$  رد می‌شود. بر این اساس فرضیه صفر آزمون والد برابر بودن حاصل جمع ضرایب مثبت (POS) C بر انتشار کربن با حاصل جمع ضرایب منفی (NEG) C قیمت نفت، FDI و رشد اقتصادی بر انتشار کربن بوده است. جدول ۷ نتایج آزمون استاندارد والد را نمایش می‌دهد.

تفسیر ما از نتایج آزمون والد در این جدول بدین‌صورت است که در مورد متقارن بودن تکانه‌های قیمت نفت در کشورهای الجزایر، فرانسه و ژاپن فرضیه صفر رد می‌شود چراکه مقدار Probabilit در آن‌ها کمتر از ۰/۰۵ و نزدیک به صفر هست و لذا در این کشورها تأثیر تکانه‌های قیمت نفت بر انتشار کربن نامتقارن می‌باشد اما در کشورهای ایران، ترکیه و انگلیس فرضیه صفر پذیرفته می‌شود. در مورد FDI در کشورهای الجزایر، فرانسه، ژاپن و انگلیس فرضیه صفر رد می‌شود چراکه مقدار Probabilit در آن‌ها کمتر از ۰/۰۵ و نزدیک به صفر می‌باشد یعنی مساوی بودن مقادیر ضرایب مثبت و منفی‌های متغیرها ( $\sum C(POS) = \sum C(NEG)$ ) رد نمی‌شود و در کشورهای ایران و ترکیه فرضیه صفر مبنی بر اینکه تأثیر FDI بر انتشار کربن متقارن است پذیرفته خواهد شد. در مورد رشد اقتصادی نیز فرضیه صفر مبنی بر متقارن بودن اثر جمع جزئی تغییرات مثبت و منفی رشد اقتصادی بر انتشار کربن در کشورهای فرانسه، ژاپن، ترکیه و انگلیس رد می‌شود و در کشورهای در حال توسعه ایران و الجزایر پذیرفته می‌شود لذا رشد اقتصادی در این کشورها بر انتشار کربن تأثیر متقارن دارد.



## جدول ۷- نتایج آزمون والد

F PASARAN		Null Hypothesis: C (POS) =C (NEG)			
K=۱		Probability	F Value:		
I(۱)	I(۰)				
۶/۲۴	۵/۴۳	.	۱۴/۹۷	FDI	Algeria
۶/۲۴	۵/۴۳	./۰۲	۸/۵۲	OP	
۶/۲۴	۵/۴۳	./۰۸	۴/۱۹	GDP	
۶/۲۴	۵/۴۳	./۰۲	۱۹/۳۱	FDI	France
۶/۲۴	۵/۴۳	./۰۵	۹/۱۴	OP	
۶/۲۴	۵/۴۳	./۰۵	۹/۵۸	GDP	
۶/۲۴	۵/۴۳	./۳۲	۱/۰۷	FDI	Iran
۶/۲۴	۵/۴۳	./۷۴	۰/۱۱	OP	
۶/۲۴	۵/۴۳	./۱۵	۲/۴۲	GDP	
۷/۷۳	۷/۰۲	.	۳۶/۳۲	FDI	Japan
۷/۷۳	۷/۰۲	.	۳۳/۹۳	OP	
۷/۷۳	۷/۰۲	.	۴۸/۱۳	GDP	
۶/۲۴	۵/۴۳	./۴۸	۰/۶	FDI	Turkey
۶/۲۴	۵/۴۳	./۰۸	۵/۳۲	OP	
۶/۲۴	۵/۴۳	.	۳۲/۳۱	GDP	
۵/۲۷	۴/۵۴	./۰۶	۵/۷۲	FDI	UNITED KINGDOM
۶/۲۴	۵/۴۳	./۶۸	۰/۱۸	OP	
۶/۲۴	۵/۴۳	./۰۴	۷/۴۱	GDP	

به طور خلاصه، مطابق نتایج حاصله در همه کشورهای هدف مورد تحقیق انتشار کربن با قیمت نفت رابطه معکوس دارد یعنی با افزایش قیمت نفت، انتشار کربن کاهش میابد. همچنین یافته‌ها نشان دهنده ارتباط دوطرفه مثبت بین رشد اقتصادی و انتشار کربن هم از نظر متقارن و هم نامتقارن در همه کشورهای مورد نظر می‌باشد. اثرات FDI بر انتشار کربن متناقض و متضاد است. از منظر تأثیر متقارن سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار کربن نتایج منعکس کننده این واقعیت است که در کشورهای الجزایر، ایران و انگلیس سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار کربن با هم رابطه مستقیم دارند و با افزایش FDI انتشار کربن نیز افزایش میابد و در کشورهای فرانسه، ژاپن و ترکیه برعکس. همچنین مطابق نتایج رویکرد نامتقارن، در کشورهای توسعه یافته سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به صورت نامتقارن باعث افزایش انتشار کربن می‌شود و در کشورهای ترکیه و الجزایر و ایران سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به صورت نامتقارن باعث کاهش انتشار کربن می‌شود.

## بحث و نتیجه گیری

این مقاله به بررسی رابطه متقارن و نامتقارن قیمت نفت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی بر انتشار کربن در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه با استفاده از داده‌های این کشورها در سال‌های ۲۰۲۳-۱۹۶۳ می‌پردازد و برای این منظور از روش‌های ARDL و ARDL غیرخطی برای بررسی رابطه بلندمدت و کوتاه مدت بین متغیرها استفاده شده است. یافته‌های ما در همه



کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته مورد تحقیق در مورد ارتباط قیمت نفت با انتشار کربن هم با رویکرد متقارن و هم نامتقارن این است که در همه این کشورها انتشار کربن باقیمت نفت رابطه معکوس دارد که با یافته‌های مطالعات قبلی که رابطه منفی بین قیمت انرژی (نفت) و مصرف انرژی پیدا کرده است، مطابقت دارد.

همچنین این یافته‌ها به ما نشان می‌دهد که ارتباط دوطرفه مثبت از نظر متقارن و نامتقارن بودن در همه کشورهای مورد نظر در رابطه با تأثیر رشد اقتصادی و انتشار کربن وجود دارد که با مطالعات قبلی و شواهد تجربی پیشین که نشان‌دهنده این واقعیت است که انتشار کربن با تولید ناخالص داخلی سرانه افزایش می‌یابد، تطابق دارد. در مورد رابطه FDI بر انتشار کربن یافته‌های ما نزدیک به مطالعات قبلی متناقض و متضاد است. از منظر تأثیر متقارن سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار کربن به این نتیجه رسیدیم که در کشورهای الجزایر، ایران و انگلیس سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار کربن با هم رابطه مستقیم دارند و با افزایش FDI انتشار کربن نیز افزایش می‌یابد و در کشورهای فرانسه، ژاپن و ترکیه برعکس. مطابق یافته‌های مطالعات قبلی نیز رابطه بین انتشار کربن و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی مختلط و متفاوت است.

همچنین در بررسی‌ها با رویکرد نامتقارن چنین گزارش می‌شود که در کشورهای توسعه یافته سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به صورت نامتقارن باعث افزایش انتشار کربن می‌شود و در کشورهای ترکیه و الجزایر و ایران سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به صورت نامتقارن باعث کاهش انتشار کربن می‌شود. در پایان و براساس نتایج تحقیق پیشنهاد می‌گردد:

نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری به ما نشان داد که افزایش قیمت نفت باعث کاهش انتشار کربن می‌شود پس چنان نتیجه‌گیری می‌شود که افزایش قیمت نفت باعث کاهش مصرف نفت و متعاقباً باعث کاهش انتشار کربن می‌شود. پس پیشنهاد می‌گردد سیاست‌هایی به کار گرفته شود که باعث کاهش مصرف نفت می‌شود. همه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه باید بیشتر بر تغییر یا اصلاح ترکیب انرژی مصرفی خود تمرکز کنند، به طوری که درصد بالاتری به انرژی تجدید پذیر (پاک) نسبت به سوخت‌های فسیلی و نفت تخصیص داده شود. در این ترکیب، اطمینان حاصل شود که مصرف انرژی بالاتر باعث تخریب محیط‌زیست نمی‌شود.

همان‌گونه که اشاره شد کاهش قیمت نفت و افزایش مصرف نفت، موجب انتشار کربن می‌شود. پس نوع بشر می‌تواند با استفاده از نوآوری و منابع انرژی پاک، از سوزاندن سوخت‌های فسیلی مانند نفت جهت تأمین انرژی مورد نیاز فاصله گیرد. پیشنهاد می‌گردد که با استفاده از امکانات جدید، از نفت فقط برای تولید مواد و قطعات (مثلاً پلاستیک‌ها) استفاده کند نه تأمین انرژی. جهت حصول چنین موقعیتی برای بشر، گسترش آموزش‌های فنی و نوآوری‌ها ضروری به نظر می‌آید.

اتخاذ رویکردهای قیمت‌گذاری کربن مانند مالیات کربن و نظام بازار گازهای گلخانه‌ای (ETS) نه تنها کاهش سطح انتشار کربن را تسهیل می‌کند، بلکه می‌تواند منبع درآمد اضافی را نیز فراهم کند. کشورهای در حال توسعه همچنین می‌توانند با ایجاد و ارائه مواردی مانند تخفیف‌های مالیاتی بر واردات یا خرید ماشین‌آلات کارآمد انرژی و انرژی‌های تجدید پذیر برای تشویق مصرف‌کنندگان انرژی صنعتی و مسکونی به سمت سرمایه‌گذاری سبز سیاست مطلوبی را اتخاذ کنند.

از آنجایی که تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار کربن متناقض و متفاوت است و تأثیر آن می‌تواند به واسطه رشد نوآوری بر انتشار کربن معکوس باشد. پس می‌توان نتیجه گرفت که رشد نوآوری‌ها و اختراعات می‌تواند در انتشار کربن مانع ایجاد نماید. لذا پیشنهاد می‌گردد افراد در زمینه‌های خلاقانه، اختراعات و نوآوری‌ها آموزش ببینند.

در مورد FDI مناسب است کشور ایران با ایجاد بسترهای مناسب برای جذب سرمایه‌گذاری و تشویق سرمایه‌گذاران خارجی و اعمال تخفیف‌های مالیاتی و ارائه ضمانت برای امنیت سرمایه اقدام به جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به‌ویژه در بسترهای ارتقای فناوری‌ها نماید. تحقیقات آینده می‌تواند در زمینه‌های ارتقای فناوری و تأثیرات علوم جدید بر انتشار کربن باشد و همچنین می‌تواند استفاده از ابزارهای مختلف مالی و ایجاد بستر برای جذب سرمایه‌گذاران خارجی در راستای کاهش انتشار کربن مورد مطالعه قرار گیرد.



## منابع

- اسعدی، محمدعلی، سلیمی، شهلا و قادرزاده، حامد (۱۴۰۱). بررسی اثرات تغییرات ساختاری و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران: کاربرد رهیافت خود رگرسیون با وقفه‌های گسترده. *انسان و محیط‌زیست*، ۴(۲۰)، ۱۶۳-۱۴۷. <https://sanad.iau.ir/Journal/he/Article/848061>
- کهنسال، محمدرضا و بهرامی نسب، مهسا (۱۳۹۸). ارزیابی رابطه مصرف انرژی و آلودگی با رشد اقتصادی در راستای سیاست‌های کلی محیط‌زیست. *سیاست‌های راهبردی و کلان*، ۷(۲۸)، ۵۰۰-۵۲۵. [doi: 10.32598/JMSP.7.4.1](https://doi.org/10.32598/JMSP.7.4.1)
- محمدیان، فرشته (۱۴۰۲). بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، حجم حمل و نقل و تخریب زیست‌محیطی در ایران: رویکرد جداسازی. *اقتصاد مقداری*، ۲۰(۱)، ۱۹۵-۲۲۱. [doi: 10.22055/jqe.2022.38971.2428](https://doi.org/10.22055/jqe.2022.38971.2428)
- موسوی، سیدکاظم، سلمانپور زنوز، علی و شکوهی فرد، سیامک (۱۳۹۶). اثر رشد اقتصادی، مصرف انرژی و توسعه مالی بر آلودگی محیط‌زیست در ایران طی دوره ۱۳۶۵-۱۳۹۵. *مطالعات علوم محیط‌زیست*، ۲(۳)، ۴۶۳-۴۵۴. [https://www.jess.ir/article\\_53703.html?lang=fa](https://www.jess.ir/article_53703.html?lang=fa)
- ناهیدی امیرخیز، محمدرضا، رحیم‌زاده، فرزاد و شکوهی فرد، سیامک (۱۳۹۹). بررسی رابطه رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (مطالعه موردی: کشورهای منتخب سازمان همکاری اسلامی). *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۳(۲۲)، ۲۶-۱۳. [doi: JEST.2018.24919.3396](https://doi.org/10.22034/JEST.2018.24919.3396)
- ناهیدی امیرخیز، محمدرضا، سلمانپور زنوز، علی و شکوهی فرد، سیامک (۱۳۹۷). تجزیه و تحلیل تئوریک و تجربی منحنی آلودگی محیط‌زیست کوزنتس در ایران طی دوره ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵. *محیط‌زیست و توسعه فرابخشی*، ۳(۵۹)، ۲۹-۴۶. [doi: 20.1001.1.29809088.1397.3.59.3.9](https://doi.org/10.1001.1.29809088.1397.3.59.3.9)
- Agravas, J., & Chapman, D. (1999). A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Ecological Economics*, 28(2), 267-277. [doi:10.1016/S0921-8009\(98\)00040-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00040-8)
- Barker, J. R. (1993). Tightening the Iron Cage: Concertive Control in Self-Managing Teams. *Administrative Science Quarterly*, 38(3), 408-437. <https://doi.org/10.2307/2393374>
- Behera, S. R., & Dash, D. P. (2017). The effect of urbanization, energy consumption, and foreign direct investment on the carbon dioxide emission in the SSEA (South and Southeast Asian) region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 96-106. [doi:10.1016/j.rser.2016.11.201](https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.201)
- Blanchard, O., & Johnson, D.R. (2012). Macroeconomics. Pearson. Candau, F., Dienesch, E., 2017. Pollution haven and corruption paradise. *Journal of Environmental Economics and Management*, 85, 171-192. [https://books.google.hk/books?id=8eouAAAAQBAJ&hl=fr&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.hk/books?id=8eouAAAAQBAJ&hl=fr&source=gbs_navlinks_s)
- Cao, W., Chen, S., & Huang, Z. (2020). Does foreign direct investment impact energy intensity? Evidence from developing countries. *Mathematical Problems in Engineering*. [doi.org/10.1155/2020/5695684](https://doi.org/10.1155/2020/5695684)
- Carvalho, T. S., & Almeida, E. (2011). The Global Environmental Kuznets Curve and The Kyoto Protocol. *Anais do XXXVII Encontro Nacional de Economia* [Proceedings of the 37th Brazilian Economics Meeting] 183, ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics]. <https://ideas.repec.org/p/anp/en2009/183.html>
- Eakin, D. H., & Selden, T. M. (1995). Stoking the fires? CO2 emissions and economic growth. *Journal of Public Economics*, 57(1), 85-101. [doi.org/10.1016/0047-2727\(94\)01449-X](https://doi.org/10.1016/0047-2727(94)01449-X)
- 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. [doi: 10.3386/w3914](https://doi.org/10.3386/w3914)
- Grossman, G.M., & Krueger, A.B. (1991). *Environmental Impacts of the North American Free Trade Agreement*. John M. Ohlin Program Discussion Paper. No. 158, Princeton. <http://www.nber.org/papers/w3914.pdf>



- Haug, A. A., & Ucal, M. (2019). The role of trade and FDI for CO2 emissions in Turkey: Nonlinear relationships. *Energy Economics*, 81, 297-307. [doi:10.1016/j.eneco.2019.04.006](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.04.006)
- Jiang, L., Zhou, H. f.; Bai, L.; & Zhou, P. (2018). Does foreign direct investment drive environmental degradation in China? An empirical study based on air quality index from a spatial perspective. *Journal of Cleaner Production*, 176, 864-872. [doi:10.1016/j.jclepro.2017.12.048](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.048)
- Jiao, S., Subudhi, S. K., Aparicio, A., Ge, Z., Guan, B., Miura, Y., & Sharma, P. (2019). Differences in Tumor Microenvironment Dictate T Helper Lineage Polarization and Response to Immune Checkpoint Therapy. *National Library of Medicine*, 179(5), 1177-1190. [doi:10.1016/j.cell.2019.10.029](https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.10.029)
- Kaika, D., & Zervas, E. (2013). The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory—Part A: Concept, causes and the CO2 emissions case. *Energy Policy*, 67, 1382-1402. [doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.131](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.131)
- Kiviyiro, P., & Arminen, H. (2014). Carbon dioxide emissions, energy consumption, economic growth, and foreign direct investment: Causality analysis for Sub-Saharan Africa. *Energy*, 74(C), 595-606. [doi:10.1016/j.energy.2014.07.025](https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.07.025)
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 3(2), 401-403. <https://www.jstor.org/stable/24806805>
- Lee, J. W. (2013). The contribution of foreign direct investment to clean energy use, carbon emissions and economic growth. *Energy Policy*, 55(1), 483-489. [doi:10.1016/j.enpol.2012.12.039](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.039)
- Levinson, A., & Taylor, M. S. (2008). Unmasking the Pollution Haven Effect. *International Economic Review*, 49(1), 223-254. [doi:10.1111/j.1468-2354.2008.00478.x](https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2008.00478.x)
- Li, K., Fang, L., & He, L. (2020). *The impact of energy price on CO2 emissions in China: A spatial econometric analysis*. *Science of the Total Environment*, 706, 135942. [doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135942](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135942)
- Liu, Y., Hao, Y., & Gao, Y. (2017). The environmental consequences of domestic and foreign investment: Evidence from China. *Energy Policy*, 108(C), 271-280. [doi:https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.055](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.055)
- Lotfalipour, M. R., Falahi, M. A., & Ashena, M. (2010). Economic growth, CO2 emissions, and fossil fuels consumption in Iran. *Energy*, 35(12), 5115-5120. [doi:10.1016/j.energy.2010.08.004](https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.08.004)
- Malik, M.Y., Latif, K., Khan, Z., Butt, H. Hussain, M., & Nadeem, M. A. (2020). Symmetric and asymmetric impact of oil price, FDI and economic growth on carbon emission in Pakistan: Evidence from ARDL and non-linear ARDL approach. *Science of the Total Environment*, 726, 138421. [doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138421](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138421)
- Mensah, I. A., Sun, M., Gao, C., Omari-Sasu, A. Y., Zhu, D., Ampimah, B. C., & Quarcoo, A. (2019). Analysis on the nexus of economic growth, fossil fuel energy consumption, CO.sub.2 emissions and oil price in Africa based on a PMG panel ARDL approach. *Journal of Cleaner Production*, 228(1). [doi:10.1016/j.jclepro.2019.04.281](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.281)
- Mert, M., & B'olük, G. (2016). Do foreign direct investment and renewable energy consumption affect the CO2 emissions? New evidence from a panel ARDL approach to Kyoto Annex countries. *Environ Sci Pollut Res*, 23(21), 21669-21681. [DOI: 10.1007/s11356-016-7413-7](https://doi.org/10.1007/s11356-016-7413-7)
- Odhiambo, N. M. (2009). Energy consumption and economic growth nexus in Tanzania: An ARDL bounds testing approach. *Energy Policy*, 37(2), 617-622. [doi: 10.1016/j.enpol.2008.09.077](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.077)



- Oxelheim, L., & Ghauri, P. (2008). EU–China and the non-transparent race for inward FDI. *Journal of Asian Economics*, 19(4), 358-370. [doi:10.1016/j.asieco.2008.04.001](https://doi.org/10.1016/j.asieco.2008.04.001)
- Pao, H.-T., & Tsai, C.-M. (2011). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. *Energy*, 36(1), 685-693. [doi:10.1016/j.energy.2010.09.041](https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.041)
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326. [doi:10.1002/jae.616](https://doi.org/10.1002/jae.616)
- Raihan, A., & Tuspekova, A. (2022). *Toward a sustainable environment: Nexus between economic growth, renewable energy use, forested area, and carbon emissions in Malaysia*. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 15. [doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200096](https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200096)
- Ren, S., Yuan, B., Ma, X., & Chen, X. (2014). International trade, FDI (foreign direct investment) and embodied CO2 emissions: A case study of Chinas industrial sectors. *China Economic Review*, 28, 123-134. [doi: 10.1016/j.chieco.2014.01.003](https://doi.org/10.1016/j.chieco.2014.01.003)
- Salari, M., Javid, R.J., & Noghanibehambari, H. (2021). The nexus between CO2 emissions, energy consumption, and economic growth in the U.S. *Economic Analysis and Policy*, 69(C), 182–194. [DOI: 10.1016/j.eap.2020.12.007](https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.12.007)
- Sato, S. (2014). Photoelectrochemical CO2 Reduction. *Encyclopedia of Applied Electrochemistry*, 25(8), 1535-1538. [DOI: 10.1007/978-1-4419-6996-5\\_491](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6996-5_491)
- Shahbaz, M., Nasir, M. A., & Roubaud, D. (2018). Environmental degradation in France: The effects of FDI, financial development, and energy innovations. *Energy Economics*, 74(C), 843-857. [DOI: 10.1016/j.eneco.2018.07.020](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.020)
- Shin, Y., Yu, B., & Greenwood-Nimmo, M. (2014). *Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework*. *Festschrift in Honor of Peter Schmidt*, 281-314. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-8008-3\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-8008-3_9)
- Udemba, E. N., Yalçıntaş, S. (2021). Interacting force of foreign direct invest (FDI), natural resource and economic growth in determining environmental performance: A nonlinear autoregressive distributed lag (NARDL) approach. *Resources Policy*, 73. [doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102168](https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102168)
- Zhang, C., & Zhou, X. (2016). Does foreign direct investment lead to lower CO2 emissions? Evidence from a regional analysis in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 943-951. [doi: 10.1016/j.rser.2015.12.226](https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.226)
- Zhang, Y., & Zhang, S. (2018). The impacts of GDP, trade structure, exchange rate and FDI inflows on China's carbon emissions. *Energy Policy*, 120(C), 347-353. [doi:10.1016/j.enpol.2018.05.056](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.05.056)