

فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی  
سال اول، شماره ۴، پاییز ۱۳۹۱، صفحات ۱۱۶-۱۰۱

## بررسی رابطه علی بین انتشار دی اکسید کربن، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در ایران (رهیافت آزمون علیت تودا- یاماموتو)

دکتر سیدکمال صادقی\*، دکتر محمدعلی متفکر آزاد\*\*،

دکتر محسن پورعبادالهان کویچ\*\*\* و اتابک شهباززاده خیایو\*\*\*\*

تاریخ دریافت: ۲۰ فروردین ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: ۲۷ آبان ۱۳۹۱

بخش بزرگی از مصرف انرژی در جهان توسط سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود، که این امر موجب انتشار وسیع مواد آلاینده و خطرناک به محیط زیست شده و باعث گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی می‌شود. آنچه مسلم است مصرف انرژی در جهان به منظور رشد اقتصادی رو به افزایش است و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای بویژه دی اکسید کربن، در اثر مصرف سوخت‌های فسیلی روندی فزاینده دارد. از این رو در مطالعه حاضر به بررسی رابطه علی بین انتشار دی اکسید کربن (به عنوان متغیر جایگزین برای تخریب محیط زیست) و متغیرهای سرمایه گذاری مستقیم خارجی، سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در قالب فرضیه‌ی زیست محیطی کوزنتس در ایران در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۵۹ پرداخته می‌شود. برای این منظور از آزمون‌های تودا- یاماموتو برای بررسی رابطه علی استفاده شده است. نتایج حاصل از این مطالعه بیانگر وجود رابطه علی دوطرفه بین متغیرهای انتشار دی اکسید کربن و سرانه مصرف انرژی و روابط علی یکطرفه از سوی تولید ناخالص داخلی به سمت سرانه مصرف انرژی است. با توجه به وجود رابطه علی بین متغیرها، فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC) در حالتی که معیار رشد اقتصادی متغیرهای انتشار دی اکسید کربن و سرانه مصرف انرژی باشد

sadeghiseyedkamal@gmail.com

M.motafakker@gmail.com

mohsen\_p51@hotmail.com

atabak\_shahbazzadeh@yahoo.com

\* استادیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز

\*\* استاد گروه اقتصاد دانشگاه تبریز

\*\*\* استادیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز

\*\*\*\* دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه تبریز

تأیید می‌شود ولی در حالتی که معیار رشد اقتصادی، تولید ناخالص داخلی باشد  
تأیید نمی‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف انرژی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تودا-  
یاماموتو، ایران.

طبقه‌بندی JEL: C22، Q43، Q53.

### ۱. مقدمه

با توجه به این که مسائل زیست‌محیطی از اهمیت بسیار زیادی برای حیات و بقا برخوردار هستند، لذا در سال‌های اخیر مسائل آلودگی و تغییرات آب و هوایی کره زمین ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای<sup>۱</sup> (GHG) (با توجه به این که دی‌اکسید کربن مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای در سطح جهان مطرح است و مقدار سایر گازهای گلخانه‌ای نیز با توجه به آن سنجیده می‌شود) در جهان مورد توجه نهادهای بین‌المللی واقع گردیده است.

مطالعه استرن<sup>۲</sup> در تفسیر شرایط آب و هوایی، نشان می‌دهد که مهم‌ترین دغدغه زیست‌محیطی قرن حاضر گرم شدن کره زمین است. دی‌اکسید کربن به عنوان گاز گلخانه‌ای عامل اصلی گرم شدن کره زمین در نظر گرفته می‌شود و کنترل انتشار آن به عنوان یک موضوع بین‌المللی مطرح گردیده است. به طوری که براساس پیمان کیوتو (۱۹۹۷)، کشورهای جهان برای حفظ محیط زیست که به عنوان یک کالای عمومی مشترک محسوب می‌شود، اقدامات اجرایی مناسب انجام داده‌اند و مجازات‌هایی برای کشورهای بزرگ آلاینده جهان اتخاذ گردیده است. به هر حال سوختن سوخت‌های فسیلی بزرگترین منبع اصلی در انتشار دی‌اکسید کربن و انتشار گازهای گلخانه‌ای است و از سال ۱۹۷۰ تاکنون در بین فاکتورهای اصلی سریع‌ترین رشد را داشته است.

با توجه به اینکه هدف اصلی بسیاری از سیاست‌های اقتصادی، دستیابی به سطح رشد اقتصادی بالاتر است، به دلیل اینکه رشد اقتصادی بالاتر معمولاً باعث ایجاد زیان‌های جدی به محیط زیست می‌شود، مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی به یک موضوع بحث‌انگیز تبدیل شده است. از این رو نتایج مطالعات انجام گرفته در این زمینه سبب شده است تا فرضیه

---

1. Green House Gases

2. Stern (2004)

## بررسی رابطه علی بین انتشار دی اکسید کربن، سرمایه گذاری مستقیم ... ۱۰۳

زیست محیطی کوزنتس<sup>۱</sup> (EKC) به وجود آید. به طوری که براساس این فرضیه، ابتدا افزایش درآمد سرانه منجر به تخریب محیط زیست می شود و در ادامه بعد از یک حد مشخصی از افزایش درآمد (نقطه ماکزیمم) شروع به کاهش می یابد. بنابراین اگر فرضیه مذکور درست باشد می توان از رشد اقتصادی بالاتر به عنوان یک راه حل برای کاهش اثرات تخریب محیط زیست نام برد. از سوی دیگر مطالعات انجام شده پیرامون ارتباط بین متغیرهای سرمایه گذاری مستقیم خارجی و انتشار دی اکسید کربن در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته دلالت بر تأثیر مثبت و معنی دار سرمایه گذاری مستقیم خارجی بر میزان انتشار دی اکسید کربن دارند.

اهمیت انجام این پژوهش از آنجا ناشی می شود که تاکنون به بررسی ارتباط علی بین متغیرهای انتشار دی اکسید کربن، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، رشد اقتصادی و سرانه مصرف انرژی در ایران با استفاده از رهیافت تودا یا ماموتو پرداخته نشده است. از این رو انجام این پژوهش می تواند سیاستگذاران اقتصادی و کارشناسان مسائل زیست محیطی را در اتخاذ سیاست های مناسب به منظور کاهش گازهای گلخانه ای و همچنین ارتقای توسعه پایدار یاری رساند.

این مقاله در ۵ بخش سازماندهی شده است به طوری که در بخش دوم، مبانی نظری تحقیق مورد بررسی قرار می گیرد. بخش سوم به مرور پیشینه تحقیق در داخل و خارج از کشور اختصاص دارد. در بخش چهارم پس از معرفی داده ها و متدولوژی تحقیق نتایج تجربی ارائه می گردد و در بخش پنجم نتیجه گیری و توصیه های سیاستی ارائه می گردد.

## ۲. مبانی نظری

تدوین فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC) حاصل کوشش های نظری برای برقراری رابطه انتشار و درآمد است. این فرضیه به بررسی رابطه میان انتشار و درآمد می پردازد. در محور افقی این منحنی، درآمد و در محور عمودی آن انتشار نمایش داده می شود. به طوری که اگر انتشار تابعی از درآمد باشد می توان منحنی انگل را برای آلودگی محیط زیست (که معمولاً از نقطه نظر ترجیحات مصرف کننده به عنوان کالایی بد در نظر گرفته شده است) تفسیر نمود. تحت این تفسیر، فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس بدین معنی خواهد بود که با افزایش درآمد، کشش درآمدی آلودگی زیست محیطی به صفر کاهش می یابد و بعد از سطح درآمد آستانه ای منفی می شود. به عبارت دیگر، وضعیت انتشار آلودگی با افزایش درآمد به عنوان موردی از مصرف به

1. Environmental Kuznets Curve

تدریج از یک کالای ضروری به یک کالای پست تغییر می‌کند. فرضیه EKC یکی از پرکاربردترین مفاهیم برای تحلیل رابطه آلودگی - درآمد است که به شکل U معکوس است و برای اولین بار در دهه ۹۰ میلادی در تحقیق گروسمن و کروگر<sup>۱</sup> در مورد آثار زیست‌محیطی تجارت و مطالعه شافیک و باندیویای<sup>۲</sup> که در گزارش توسعه جهانی سال ۱۹۹۲ منتشر شد ظهور یافت. براساس یافته‌های این گزارش در صورتی که تکنولوژی، سلاقی و سرمایه‌گذاری در محیط زیست ثابت در نظر گرفته شود، افزایش گستره فعالیت‌های اقتصادی بدون تردید منجر به تخریب محیط زیست می‌گردد. همچنین با افزایش درآمد سرانه، تقاضا برای افزایش سطح کیفی محیط زیست و سرمایه‌گذاری در آن افزایش می‌یابد. بنابراین به طور حتم نمی‌توان گفت که رشد اقتصادی به نابودی محیط زیست منجر می‌شود (IRBD)<sup>۳</sup>.

با توجه به مفهوم منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC)، که برگرفته از ایده کوزنتس (۱۹۵۵) در زمینه وجود رابطه‌ای به شکل U وارون بین درآمد سرانه و نابرابری توزیع درآمد است، در مطالعه رابطه کیفیت محیط زیست و رشد اقتصادی، اگر رابطه‌ای به شکل U معکوس بدست آید، بدان معناست که باید یک نقطه بازگشت در الگو وجود داشته باشد. رسیدن به نقطه بازگشت برای یک کشور حاکی از آن است که آن کشور پس از این در مسیر نزولی تخریب محیط زیست قرار خواهد گرفت. براین اساس، الگوی عمومی که برای بررسی این رابطه مورد استفاده اکثر محققان قرار گرفته است، الگوی ساده تابع درجه دو است که فرم ریاضی آن به شکل زیر است:

$$E_t = \beta_0 + \beta_1 Y_t + \beta_2 Y_t^2 + \varepsilon_t \quad (1)$$

در معادله (۱)،  $Y_t$  درآمد سرانه،  $Y_t^2$  مجذور آن و  $E_t$  میزان انتشار آلاینده است که به عنوان متغیر درونزا در الگوی اقتصادسنجی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مدل بالا اگر  $\beta_2 < 0$  باشد، یک رابطه U شکل معکوس بین درآمد سرانه و میزان انتشار آلاینده‌گی به اثبات می‌رسد. طبق این الگو نقطه بازگشت انتشار آلاینده‌گی براساس مقدار درآمد معادل  $Y_t = -\beta_1 / 2\beta_2$  خواهد بود.

1. Grossman and Krueger (1991)

2. Shafik and Bandy Padhyay (1992)

3. *International Review of Bipolar Disorders* (1992), pp. 3839

## ۲. پیشینه پژوهش

در بررسی پیشینه تحقیق، در ارتباط با رابطه علی بین متغیرهای انتشار دی‌اکسید کربن، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و سرانه مصرف انرژی در ایران، با مطالعاتی در این زمینه مواجه می‌شویم که این مطالعات از نظر مفاهیم تئوریک، تعریف داده‌ها و دوره زمانی متفاوت هستند. نکته قابل توجه این است که بیشتر مطالعات از مقادیر حقیقی به جای مقادیر اسمی استفاده کرده‌اند. بنابراین، می‌توان در این زمینه به مطالعات زیر اشاره نمود:

تول و همکارانش<sup>۱</sup> در مطالعه خود به بررسی رابطه بلندمدت بین مصرف انرژی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن در آمریکا در سال‌های ۲۰۰۲-۱۸۵۰ پرداختند. نتایج اصلی این مطالعه نشان می‌دهد که در دوره مورد مطالعه، شدت انتشار گاز دی‌اکسید کربن با افزایش سوخت‌های فسیلی افزایش یافته و رشد جمعیت، رشد اقتصادی و رشد مصرف برق نیز عامل‌های تأثیرگذار بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن هستند.

آنگک<sup>۲</sup> در مطالعه‌ای در خصوص تجزیه و تحلیل رابطه علی پویا بین انتشار گاز دی‌اکسید کربن، مصرف انرژی و تولید در کشور فرانسه در سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۶۰ نشان می‌دهد که رشد اقتصادی علت بلندمدت مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست بوده و یک رابطه علی یک طرفه از سوی مصرف انرژی به سوی رشد تولید در کوتاه‌مدت برقرار است. همچنین یافته‌های این مطالعه حاکی از آن است که با افزایش استفاده از انرژی، انتشار دی‌اکسید کربن نیز افزایش می‌یابد.

هالچوغلو<sup>۳</sup> در مطالعه‌ای دیگر، به بررسی روابط علی بین انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف انرژی، درآمد و تجارت خارجی در ترکیه، در سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۶۰ پرداخته است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که علیت گرنجری دوسویه بین درآمد و انتشار دی‌اکسید کربن در کوتاه‌مدت و بلندمدت وجود دارد.

ایوتا و همکارانش<sup>۴</sup> با انجام یک مطالعه تجربی، وجود منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در فرانسه را یک بار با در نظر گرفتن متغیر انرژی هسته‌ای و بار دیگر با لحاظ کردن متغیر تجارت خارجی آزمون کردند. در این مطالعه از مدل بسط داده شده فرضیه EKC استفاده شده و روش اقتصادسنجی خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) برای برآورد آن به کار رفته است.

1. Tol (2006)

2. Ang (2007)

3. Halicioglu (2009)

4. Iwata, et al (2009)

نتایج این مقاله نشان می‌دهد که رابطه زیست‌محیطی کوزنتس در فرانسه وجود دارد. ضمن آن که رابطه‌ای یک طرفه از سایر متغیرهای مورد استفاده به انتشار دی‌اکسید کربن یافت شده است. همچنین براساس یک رابطه یک طرفه از انرژی هسته‌ای به انتشار دی‌اکسید کربن بیان شده است که استفاده از انرژی هسته‌ای در فرانسه می‌تواند به کاهش بیشتر انتشار کربن آن کمک کند.

هیساو-تاین و چانگ-مین<sup>۱</sup> در مطالعه خود به بررسی رابطه بلندمدت و علیت پویا بین انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف انرژی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تولید ناخالص داخلی با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی پانلی و آزمون علیت گرنجری برای کشورهای برزیل، روسیه، هند و چین، در دوره ۲۰۰۷-۱۹۸۰ مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر این مطلب است که در تعادل بلندمدت انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به مصرف انرژی با کشتش و نسبت به سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بی‌کشتش است. در ضمن نتایج رابطه علیت گرنجری نشانگر آن است که علیت دوسویه بلندمدت بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مصرف انرژی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار دی‌اکسید کربن و علیت دوسویه کوتاه‌مدت بین تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی و انتشار دی‌اکسید کربن، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و مصرف انرژی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار دی‌اکسید کربن وجود دارد و همچنین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی علت بلندمدت انتشار دی‌اکسید کربن و تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی مستقیم خارجی است. به علاوه تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی به ترتیب علت کوتاه‌مدت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار دی‌اکسید کربن است. به طوری که نتایج بدست آمده فرضیه EKC را در کشورهای مورد تحقیق تأیید می‌نماید.

شرزه‌ای و حقانی (۱۳۸۸)، رابطه علیت گرنجری میان مصرف انرژی، درآمد ملی و انتشار کربن همراه با عوامل نیروی کار و سرمایه را در دوره ۱۳۸۴-۱۳۵۳ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج بدست آمده در این مقاله حاکی از وجود یک رابطه علی یک طرفه از درآمد ملی به مصرف انرژی است. ولی رابطه علی میان درآمد و انتشار کربن مورد تأیید قرار نگرفته است.

صادقی و فشاری (۱۳۸۹)، در مقاله‌ای تحت عنوان «برآورد رابطه بلندمدت بین صادرات و شاخص‌های کیفیت زیست‌محیطی در ایران» با استفاده از آزمون‌های هم‌انباشتگی جوهانسون-جوسلیوس در دوره ۱۳۸۶-۱۳۵۰، با در نظر گرفتن شاخص‌های انتشار دی‌اکسید کربن و زمین‌های قابل کشت برای کیفیت محیط زیست به این نتیجه رسیدند که علاوه بر وجود تعادل بلندمدت بین

1. HsiaøTien andChang-Ming (2010)

## بررسی رابطه علی بین انتشار دی‌اکسید کربن، سرمایه‌گذاری مستقیم ... ۱۰۷

صادرات و شاخص‌های کیفیت محیط زیست، متغیرهای صادرات و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر منفی و معناداری بر شاخص‌های کیفیت محیط زیست دارند.

فطرس و نسرین دوست (۱۳۸۸)، نیز ضمن بررسی رابطه علی بین متغیرهای مورد مطالعه، وجود فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس را آزمون کرده‌اند. نتایج مطالعه آن‌ها بیانگر رابطه علی یکطرفه از انتشار دی‌اکسید کربن به درآمد سرانه و مصرف انرژی و رابطه یکطرفه از مصرف انرژی به آلودگی آب بوده است. همچنین در این مقاله، فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس برای درآمد سرانه، مصرف انرژی و آلودگی آب تأیید نشده، ولی در ارتباط با انتشار دی‌اکسید کربن و مصرف انرژی مورد تأیید قرار گرفته است.

## ۴. داده‌ها و روش تحقیق

### ۴-۱. معرفی داده‌ها

داده‌های مطالعه حاضر سالانه و دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۵۹ شامل می‌شود. اطلاعات مربوط به داده‌های متغیرهای انتشار دی‌اکسید کربن (برحسب متریک تن)<sup>۱</sup> و سرانه مصرف انرژی (برحسب معادل نفت خام)<sup>۲</sup> از سازمان مدیریت اطلاعات انرژی ایالات متحده (EIA)<sup>۳</sup> جمع‌آوری شده است. همچنین تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰ (میلیارد دلار) و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (میلیارد دلار) از شاخص‌های توسعه بانک جهانی (WDI)<sup>۴</sup> بدست آمده است.

### ۴-۲. بررسی جهت علیت

با توجه به این که هدف اصلی مطالعه حاضر، بررسی ارتباط علی بین متغیرهای انتشار دی‌اکسید کربن، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در ایران است. این موضوع در قالب فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) مورد آزمون قرار خواهیم داد. از سوی دیگر می‌دانیم که لزوماً شکل چنین رابطه‌ای برای تمام کشورهای جهان یکسان نیست. به علاوه تخمین شکل چنین رابطه‌ای به طور مطلق صحیح نیست. از این رو نخست

1. Metric Tons of Carbon Dioxide

2. British Terminal Unit (BTU)

3. Energy Information Administration (EIA)

4. World Bank Development Indicators (WDI)

باید دید که آیا اصولاً ارتباطی بین متغیرهای فرضیه وجود دارد یا نه<sup>۱</sup>، بنابراین در ابتدا موضوع وجود یا عدم وجود رابطه علی بین متغیرها بررسی خواهد شد.

الگوی خود رگرسیونی برداری VAR<sup>۲</sup>، به ارتباط متقابل بین متغیرهای سری زمانی در حین بررسی رفتار آن‌ها توجه می‌کند. این الگو، به دلیل توجه به ارتباط متقابل بین متغیرها، دارای کاربردهایی است که آزمون علیت گرنجری (۱۹۸۸) یکی از اصلی‌ترین آنهاست. آزمون مذکور مشخص می‌کند که آیا ارتباط بین متغیرها یکطرفه است یا دوطرفه؟ همچنین، در صورت یکطرفه بودن ارتباط، جهت علیت را نیز مشخص می‌کند. ماهیت مدل VAR سبب می‌شود تا تعداد زیادی پارامتر برآورد شود. به عنوان مثال در الگویی با  $n$  متغیر و طول وقفه بهینه  $k$ ، حداقل به تعداد  $n \times k$  ضریب تخمین زده خواهد شد. این موضوع سبب دشوار شدن تفسیر ضرایب و همچنین مشکل کم شدن درجه آزادی و نیاز به حجم نمونه زیاد را هم به همراه خواهد داشت و با توجه به اینکه علیت گرنجری هم بر پایه الگوی رگرسیونی (VAR) قرار دارد بنابراین در انجام این آزمون با مشکل مذکور مواجه خواهیم بود.

تودا-یاماموتو<sup>۳</sup>، برای بررسی رابطه علیت، از یک مدل خودرگرسیون برداری تعدیل یافته استفاده کردند. در این روش باید وقفه بهینه مدل خودرگرسیون برداری ( $k$ ) و درجه مانایی ماکزیم ( $d_{max}$ ) را مشخص کرد. سپس، مدل خودرگرسیون برداری را با تعداد وقفه‌های  $(k+d_{max})$  تشکیل داد به شرطی که  $k \leq d_{max}$  باشد. با فرض اینکه مجموع  $k$  و  $d_{max}$  برابر ۲ باشد معادله خودرگرسیون برداری به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{bmatrix} x_{1t} \\ x_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{10} \\ a_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11}^{(1)} & a_{12}^{(1)} \\ a_{21}^{(1)} & a_{22}^{(1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{1,t-1} \\ x_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11}^{(2)} & a_{12}^{(2)} \\ a_{21}^{(2)} & a_{22}^{(2)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{1,t-1} \\ x_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} \quad (2)$$

در این مدل اگر ضرایب  $a_{12}^{(1)} = a_{12}^{(2)} = 0$  باشند می‌توان این فرضیه را که  $x_2$  علت گرنجر  $x_1$  نیست، آزمون کرد. آماره آزمون برای آزمودن فرض صفر، آماره والد با توزیع  $\chi^2$  و درجه آزادی برابر با تعداد محدودیت‌های صفر است. از طریق این فرایند، نوع و جهت رابطه علیت بین متغیرها برآورد می‌شود.

۱. رانو (۱۳۸۵)

2. Vector Autoregressive Model  
3. Toda Yamamoto (1995)



### ۳-۴. شکل روابط

چارچوب اصلی مدل مورد استفاده در این مطالعه به منظور تجزیه و تحلیل علیت بین انتشار دی اکسید کربن، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی برگرفته از فرضیه زیست محیطی کوزنتس (EKC) است:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 X_t^2 + U_t \quad (3)$$

به طوری که

$$Y_t = CO_2, \quad X = FDI, ENG, GDP$$

همان طور که بیان شد، هر الگو زمانی برآورد خواهد شد که از پیش علیت روابط بین دو متغیر تأیید شده باشد.

### ۴-۴. نتایج آزمون تودا- یاماموتو

در اولین مرحله از روش تودا- یاماموتو، مانایی متغیرها بررسی می شود. برای این منظور از آزمون ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم یافته (ADF)<sup>۱</sup> هم در حالت وجود عرض از مبدأ (C) و هم در حالت وجود عرض از مبدأ و روند (C+T) استفاده می شود. جدول ۱، خلاصه نتایج این آزمون را نشان می دهد. طول وقفه بهینه در آزمون ریشه واحد دیکی- فولر براساس معیار اطلاعاتی شوارتز- بیزاین (SBC)<sup>۲</sup> انتخاب شده است.

نتایج بدست آمده در جدول ۱ نشان می دهد که متغیرهای انتشار دی اکسید کربن، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی هم در حالت وجود عرض از مبدأ و روند در سطح معنی داری ۹۹٪ مانا نیستند.

جدول ۱. نتایج آزمون ریشه واحد دیکی- فولر

متغیر	با عرض از مبدأ و روند (C+T)			نتیجه	طول وقفه	با عرض از مبدأ (C)			نتیجه	طول وقفه
	آماره آزمون	مقادیر بحرانی در سطح معنی داری	مقادیر بحرانی در سطح معنی داری			آماره آزمون	مقادیر بحرانی در سطح معنی داری	مقادیر بحرانی در سطح معنی داری		
	%۱	%۵	%۱۰			%۱	%۵	%۱۰		

1. Adjusted Dickey- Fuller test (ADF)

2. Schwartz Bayesian Criterion (SBC)

۱۱۰ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی سال اول شماره ۴

CO <sub>۲</sub>	-۲/۱۸۶	-۳/۳۲۳	-۳/۲۵۴	-۲/۷۸۷	نامانا	۱	-۱/۸۶۵	-۲/۲۶۳	-۲/۲۴۶	-۱/۱۲۹	نامانا	۰
ΔCO <sub>۲</sub>	-۴/۴۲۱	-۳/۳۳۳	-۳/۲۵۹	-۲/۷۸۷	I(۱)	۰	-۲/۴۸۹	-۲/۳۵۱	-۲/۲۵۹	-۱/۸۵۹	I(۱)	۲
ENG	-۱/۳۶۲	-۳/۷۵۱	-۳/۶۸۲	-۳/۳۵۳	نامانا	۳	-۱/۱۴۷	-۲/۸۹۵	-۲/۸۴۱	-۲/۷۱۴	نامانا	۳
ΔENG	-۵/۵۹۶	-۳/۷۵۱	-۳/۶۸۲	-۳/۳۵۳	I(۱)	۰	-۴/۲۸۹	-۲/۸۹۵	-۲/۸۴۱	-۲/۷۱۴	I(۱)	۰
FDI	-۱/۳۶۰	-۳/۳۴۱	-۳/۳۱۱	-۳/۲۵۹	نامانا	۳	-۰/۹۸۲	-۲/۶۶۵	-۲/۶۱۴	-۲/۵۱۷	نامانا	۲
ΔFDI	-۴/۶۲۱	-۳/۳۴۵	-۳/۳۱۱	-۳/۳	I(۱)	۰	-۳/۲۱۳	-۲/۶۶۱	-۲/۶۱۴	-۲/۵۱۷	I(۱)	۰
GDP	-۰/۵۴	۳/۱۴۲	-۲/۹۸۲	-۲/۶۳۰	نامانا	۳	-۰/۴۸	-۲/۹۸۵	-۲/۸۸۷	-۲/۷۴۱	نامانا	۱
ΔGDP	-۶/۶۵۹	-۳/۴۹۸	-۳/۲۳۶	-۳/۱۱۲	I(۱)	۰	-۵/۲۹۹	-۳/۳۳۳	-۳/۱۱۹	-۲/۹۹۳	I(۱)	۳

مأخذ: محاسبات تحقیق

در بررسی مانایی و ارائه نتایج آن اگر آزمون ریشه واحد بر روی سطح داده‌ها انجام گیرد، سطح معنی داری ۹۹٪ را ملاک عمل قرار خواهیم داد. همچنین اگر آزمون ریشه واحد بر روی تفاضل مرتبه اول داده‌ها انجام شود، سطح معنی داری ۹۰٪ مورد قبول است.

I(۱)، سطح معنی داری ۹۹٪ مانا و مرتبه مانایی آن یک است.

در حالی که همگی متغیرهای تحقیق بعد از یک تفاضل با وجود عرض از مبدأ و عرض از مبدأ و روند در سطح معنی داری ۹۹٪ مانا هستند. یعنی همه سری زمانی تحقیق I(۱) هستند. بنابراین نتایج بدست آمده مانایی متغیرها را در تفاضل مرتبه اول آن‌ها در آزمون‌های به کار رفته تأیید می‌کند. بنابراین تعداد وقفه‌های اضافی در مدل VAR برابر یک خواهد بود. در ادامه تعداد وقفه‌های بهینه (K) الگوهای VAR به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$CO_2 = f(CO_2, ENG) \quad , \quad ENG = f(CO_2, ENG) \quad (۴)$$

$$CO_2 = f(CO_2, FDI) \quad , \quad FDI = f(CO_2, FDI) \quad (۵)$$

$$CO_2 = f(CO_2, GDP) \quad , \quad GDP = f(CO_2, GDP) \quad (۶)$$

$$ENG = f(ENG, FDI) \quad , \quad FDI = f(ENG, FDI) \quad (۷)$$

$$ENG = f(ENG, GDP) \quad , \quad GDP = f(ENG, GDP) \quad (۸)$$

$$FDI = f(FDI, GDP) \quad , \quad GDP = f(FDI, GDP) \quad (۹)$$

براساس جدول ۲، تعیین وقفه بهینه در هر یک از تصریحات بالا براساس معیارهای شوارتز-بیزین (SBC) انجام شد، به طوری که تعداد وقفه بهینه در الگوهای (۴) تا (۹) به ترتیب برابر ۱، ۲، ۳ و ۳ تعیین شده است.

بررسی رابطه علی بین انتشار دی اکسید کربن، سرمایه گذاری مستقیم ... ۱۱۱

برای بررسی رابطه علیت بین متغیرهای مطالعه حاضر از معادلات (۴) تا (۹) با تعداد وقفه یک  $(d_{max} + k = 1 + 0 = 1)$  استفاده می کنیم. بنابراین الگوهای ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ را به ترتیب با ۲، ۳، ۳ و ۴ وقفه برآورد می کنیم و در ادامه آزمون والد<sup>۱</sup> بر روی ضرایب الگوهای VAR تصریح شده با وقفه های فوق انجام می شود. فرضیه  $H_0$ ، آزمون صفر بودن ضرایب با وقفه بهینه است.

جدول ۲. نتایج آماره شواتز- بیزین برای تعیین وقفه بهینه

آماره شواتز- بیزین (SBIC)						تعداد وقفه ها
CO <sub>2</sub> , ENG	CO <sub>2</sub> , FDI	CO <sub>2</sub> , GDP	ENG, FDI	ENG, GDP	FDI, GDP	
-۲/۲۲۲۰۶	۳/۱۰۲۸۸	-۲/۵۴۴۷۶	۲/۸۰۲۴۳	-۲/۵۵۷۵۵	-۲/۲۶۸۹۲	۰
-۷/۵۷۷۳۴*	-۰/۳۹۳۰۶۷	-۷/۳۶۹۷۲	-۰/۲۲۱۴۲۳	-۶/۴۹۲۷۵	-۳/۸۷۹۱۹*	۱
-۷/۳۱۷۶۶	-۱/۶۲۲۲۴	-۷/۵۵۲۶۲*	-۱/۸۵۳۷۶۱*	-۶/۸۴۵۶۹	-۱/۹۵۲۴۱	۲
-۷/۴۱۰۶۱	-۳/۰۶۴۸۴*	-۷/۰۵۷۵۳	-۰/۰۱۱۳۹۱	-۶/۹۹۱۵۷*	-۲/۲۸۵۰۳	۳
-۷/۲۸۰۰۴	-۲/۴۹۷۴۶	-۷/۰۹۲۲۷	-۰/۸۳۰۷۰۲۵	-۶/۵۰۹۱۵	-۳/۰۹۶۱۹	۴
-۷/۰۴۸۶۹	-۲/۸۴۶۵۷	-۷/۰۱۵۳	-۱/۲۵۱۷۸۴	-۶/۴۹۶۶۴	-۳/۰۲۱۴۵	۵
-۶/۸۲۴۷۳	-۲/۰۲۱۴۰	-۷/۴۳۵۴۲	-۱/۰۱۵۳۵	-۶/۳۳۵۱۶	-۲/۹۷۱۶۰	۶

\* نشانگر وقفه بهینه است.

مأخذ: محاسبات تحقیق

نتایج آزمون والد برای هر الگو (و با در نظر گرفتن این که کدام متغیر، وابسته در نظر گرفته شود یعنی ۲×۶ حالت) در جدول ۳ خلاصه شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون والد

متغیر وابسته	متغیر تأثیرگذار	فرض $H_0$	آماره والد	P-Value	نتیجه گیری	
					سطح معنی داری ۹۰٪	سطح معنی داری ۹۵٪
CO <sub>2</sub>	ENG	$\lambda_1 = 0$	۱۴/۲۸۶۱	۰/۰۰۱	ENG → CO <sub>2</sub>	ENG → CO <sub>2</sub>
ENG	CO <sub>2</sub>	$\lambda_2 = 0$	۱۳/۰۴۲۵	۰/۰۰۵۶۱	CO <sub>2</sub> → ENG	CO <sub>2</sub> → ENG
CO <sub>2</sub>	FDI	$\lambda_3 = 0$	۱/۴۵۱۲	۰/۳۱۶۰۷	FDI → CO <sub>2</sub>	FDI → CO <sub>2</sub>

1. Wald Test

FDI	CO <sub>۲</sub>	$\lambda_۴ = ۰$	۳/۰۶۷۱	۰/۱۸۶۷۱	CO <sub>۲</sub> → FDI	CO <sub>۲</sub> → FDI
CO <sub>۲</sub>	GDP	$\lambda_۵ = ۰$	۳/۸۸۶۲	۰/۰۹۳۰۱	GDP → CO <sub>۲</sub>	GDP → CO <sub>۲</sub>
GDP	CO <sub>۲</sub>	$\lambda_۶ = ۰$	۳/۶۲۴۹	۰/۱۰۹۶۱	CO <sub>۲</sub> → GDP	CO <sub>۲</sub> → GDP
ENG	FDI	$\lambda_۷ = ۰$	۲/۰۶۱۵	۰/۲۱۶۸۵	FDI → ENG	FDI → ENG
FDI	ENG	$\lambda_۸ = ۰$	۱/۶۱۹۵	۰/۳۷۷۶۱	ENG → FDI	ENG → FDI
ENG	GDP	$\lambda_۹ = ۰$	۴/۶۴۲۵	۰/۰۶۰۱	GDP → ENG	GDP → ENG
GDP	ENG	$\lambda_{۱۰} = ۰$	۱/۳۹۹۴	۰/۴۰۶۰۶	ENG → GDP	ENG → GDP
FDI	GDP	$\lambda_{۱۱} = ۰$	۱/۹۲۲۶	۰/۳۸۱۰۷۱	GDP → FDI	GDP → FDI
GDP	FDI	$\lambda_{۱۲} = ۰$	۱/۷۵۵۱	۰/۴۲۴۰۶	FDI → GDP	FDI → GDP

مأخذ: محاسبات تحقیق

نتایج آزمون والد در جدول ۳ نشان می دهد که بین انتشار دی اکسید کربن و سرانه مصرف انرژی، علیت دوسویه وجود دارد. به عبارت بهتر علیت یک سویه از انتشار دی اکسید کربن به سمت سرانه مصرف انرژی با مطالعات داخلی نظیر فطرس و همکارانش (۱۳۸۸) سازگار است. از سوی دیگر وجود علیت یک سویه از سرانه مصرف انرژی به سمت انتشار دی اکسید کربن با مطالعات خارجی نظیر آنگک (۲۰۰۷) نیز تا حدودی سازگار است. همچنین علیت یک سویه از تولید ناخالص داخلی به سمت سرانه مصرف انرژی در سطح احتمال ۹۰٪ قابل قبول است. به عبارت بهتر وجود علیت یک سویه از تولید ناخالص داخلی به سمت سرانه مصرف انرژی با مطالعات داخلی نظیر شرزهای و همکارانش (۱۳۸۷) نیز تا حدودی سازگار است. اما برخلاف مطالعات هیساو- تاین و چانگک- مینق (۲۰۱۰)، هیچ علیتی بین نشر دی اکسید کربن و سرمایه گذاری مستقیم خارجی، تولید ناخالص داخلی و سرمایه گذاری مستقیم خارجی، سرمایه گذاری مستقیم خارجی و سرانه مصرف انرژی وجود ندارد. بنابراین اگر سطح معنی داری ۹۰٪ را ملاک قرار دهیم و با توجه به نتایج بدست آمده از رابطه علی بین متغیرها، فرضیه EKC را فقط در سه حالت می توان بررسی کرد که عبارتند از:

$$۱. CO_2 - ENG$$

$$۲. ENG - CO_2$$

بررسی رابطه علی بین انتشار دی اکسید کربن، سرمایه گذاری مستقیم ... ۱۱۳

$$GDP - ENG \quad ۳$$

بنابراین جدول ۳، ۴ و ۵ نتایج برآورد فرضیه EKC را نشان می دهند.

جدول ۴. برآورد نتایج فرضیه کوزنتس با متغیرهای انتشار دی اکسید کربن و سرانه مصرف انرژی

متغیر	Coef	t-statistic	P-value	R <sup>۲</sup>
CO <sub>۲</sub>	-۱۰/۴۱۰۶۵۱	-۲۲/۲۴۵۶	۰/۰۰۰	
ENG	۳/۳۸۰۱۲۶	۳/۳۹	۰/۰۰۲	۰/۹۸۰۴
ENG <sup>۲</sup>	-۰/۱۸۳۰۵۷۵	-۲/۷۶۵۱	۰/۰۰۹	

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۵. خلاصه برآورد فرضیه با متغیرهای سرانه مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن

متغیر	Coef	t-statistic	P-value	R <sup>۲</sup>
ENG	-۲۶/۵۲۰۳	-۲/۴۱۲۳	۰/۰۴۳۹	
CO <sub>۲</sub>	۱/۲۰۶۴	۲/۵۳۴۶	۰/۰۱۱	۰/۶۰۴
CO <sub>۲</sub> <sup>۲</sup>	-۰/۲۵۶۴	-۳/۴۵۲	۰/۰۰۴۱	

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۶. خلاصه برآورد فرضیه با متغیرهای سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی

متغیر	Coef	t-statistic	P-value	R <sup>۲</sup>
ENG	۱۶/۵۲۰۳	۱/۴۱۲۳	۰/۳۴۳۹	
GDP	-۱/۲۰۶۴	-۱/۸۳۴۶	۰/۱۹۱	۰/۴۶
GDP <sup>۲</sup>	۰/۲۵۶۴	۱/۶۵۲	۰/۲۰۴۱	

مأخذ: محاسبات تحقیق

طبق جدول ۴ و ۵، فرضیه EKC به شکل قدرتمندی رابطه U شکل معکوس بین انتشار دی اکسید و سرانه مصرف انرژی را تأیید می کند اما این فرضیه در مورد رابطه سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی براساس جدول ۶ تأیید نمی شود.

### ۵. نتیجه گیری و توصیه های سیاستی

هدف اصلی این مطالعه، بررسی رابطه علی بین متغیرهای انتشار دی اکسید کربن، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی با استفاده از آزمون تودا- یاماموتو و همچنین آزمون فرضیه زیست محیطی کوزنتس (EKC) با استفاده از متغیرهای مذکور در ایران، در دوره ۱۳۸۷-۱۳۵۹ است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان دهنده وجود علیت دو سویه بین متغیرهای انتشار دی اکسید کربن و سرانه مصرف انرژی در سطح معنی داری ۵٪ و همچنین علیت یک سویه از تولید ناخالص داخلی به سرانه مصرف انرژی در سطح معنی داری ۱۰٪ است. از سوی دیگر، از مشهورترین مطالعات در بررسی رابطه آلودگی و رشد اقتصادی، فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس است، اما آزمون این فرضیه، بدون در نظر گرفتن وجود داشتن یا نداشتن علیت بین متغیرها، صحیح نیست. از این رو با توجه به نتایج حاصل از علیت بین متغیرها در مطالعه حاضر فرضیه مذکور در سه حالت بررسی شده است:

- معیار رشد اقتصادی انتشار دی اکسید کربن

- معیار رشد اقتصادی سرانه مصرف انرژی

- معیار رشد اقتصادی تولید ناخالص

در ادامه معادله درجه دومی که فرضیه EKC را بیان می کند یک بار برای انتشار دی اکسید کربن - سرانه مصرف انرژی، سرانه مصرف انرژی - انتشار دی اکسید کربن و تولید ناخالص داخلی - سرانه مصرف انرژی به روش حداقل مربعات معمولی OLS برآورد شد. فرضیه EKC مبنی بر وجود رابطه U معکوس برای حالت انتشار دی اکسید کربن - سرانه مصرف انرژی، سرانه مصرف انرژی - انتشار دی اکسید کربن تأیید شد و در حالت تولید ناخالص داخلی - سرانه مصرف انرژی رد شد. به عبارت دیگر کشور ما در مرحله ای است که افزایش سرانه مصرف انرژی با افزایش انتشار دی اکسید کربن و بالعکس همراه است. بنابراین توصیه های سیاستی این مقاله را باید در افزایش کارایی مصرف انرژی، کاهش شدت انرژی و همچنین کاهش انتشار دی اکسید کربن با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی جستجو کرد که در ذیل به برخی محورهای آن اشاره می شود:

- اتخاذ سیاست های مناسب اقتصادی، اجتماعی برای کاهش انتشار دی اکسید کربن با

رویکرد ملاحظات زیست محیطی

بررسی رابطه علی بین انتشار دی‌اکسید کربن، سرمایه‌گذاری مستقیم ... ۱۱۵

- لزوم افزایش سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های انرژی با رویکرد جلوگیری از اتلاف انرژی
- اتخاذ سیاست‌های مناسب به منظور توسعه تولید انرژی نو و تجدیدپذیر با اعطای انگیزه‌های اقتصادی
- ایجاد الزامات فنی با هدف ارتقای تکنولوژی در جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی برای کاستن از میزان آلاینده‌گی
- اصلاح الگوی تولید و مصرف انرژی‌های آلاینده به انرژی‌های پاک و کم‌تر آلاینده
- اجرای سیاست مالیات بر کربن و انرژی با رویکرد ملاحظات زیست‌محیطی
- اصلاح و ارتقای تکنولوژی نیروگاه‌های تولید برق به منظور افزایش کارایی فنی و اقتصادی آن‌ها و نیز کاهش میزان انتشار گازهای آلاینده توسط آن‌ها.

## منابع

### الف- فارسی

- شرزه‌ای، غلامعلی و مجید حقانی (۱۳۸۸)، «بررسی رابطه علی میان انتشار کربن و درآمد داخلی با تأکید بر نقش مصرف انرژی»، *تحقیقات اقتصادی*، شماره ۶۸.
- صادقی، سیدکمال و مجید فشاری (۱۳۸۹)، «برآورد رابطه بلندمدت بین صادرات و شاخص‌های کیفیت محیط زیست؛ مطالعه موردی ایران»، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، شماره ۴۴.
- فطرس، محمدحسن و میثم نسرین‌دوست (۱۳۸۸)، «بررسی رابطه آلودگی هوا، آلودگی آب، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران، ۸۳-۱۳۵۹»، *فصلنامه اقتصاد انرژی*، شماره ۲۱.
- نوفروستی، محمد (۱۳۷۸)، *ریشه واحد و هم‌جمع‌ی اقتصادی‌سنجی*، مؤسسه خدمات فرهنگی رسا، چاپ سوم، تهران.

### ب- انگلیسی

- Ang, J. B. (2007), "CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption, and Output in France", *Energy Policy*, Vol. 35, pp. 4772-8.
- Change (2007), *Synthesis Report*, 4<sup>th</sup> assessment report, Geneva Switzerland.
- Dickey, D. A. and W. A. Fuller (1988), "Distribution of the Estimation for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *J. Am. Stat. Assoc.*, Vol. 74, pp. 427-31.

- Engle, R. F. and C. W. J. Granger (1987), "Co-integration and Error Correction, Representation, Estimation, and Testing", *Econometrica*, Vol. 55, pp. 251-76.
- Granger, C. W. J. (1988), "Some Recent Developments in a Concept of Causality", *Journal of Econometrics*, Vol. 39, pp. 199-211.
- Grossman, G. and A. Krueger (1991), "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", National Bureau of Economics Research Working Paper, No. 3194, NBER Cambridge.
- Halicioglu, F. (2009), "An Econometric Study of CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey", *Energy Policy*, Vol. 37, pp. 1156-64.
- Hill, R. J. and E. Magnani (2002), "An Exploration of the Conceptual and Empirical Basis of the Environmental Kuznets Curve", *Australian Economic papers*, Vol. 41, pp. 239-254.
- Hsiao-Tien, Pao and Tsai Chung-Ming (2011), "Multivariate Granger Causality between CO<sub>2</sub> 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 Policy*, Vol. 36, pp. 685-693.
- Iwata, H., *et al* (2009), "Empirical Study on the Environmental Kuznets Curve for CO<sub>2</sub> in France", *The Role of Nuclear Energy*.
- Shafik, N. and S. Bandyopadhyay (1992), "Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-country Evidence", The World Bank, Working Paper Series WP-904.
- Stern, D. I. (2004), "The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve", *World Development*, Vol. 32, pp. 1419-39.
- Tamazian, A., Chousa, J. P. and K. C. Vadlamannati (2009), "Does Higher Economic and Financial Development Lead to Environmental Degradation: Evidence from BRIC Countries", *Energy Policy*, Vol. 37, pp. 246-53.
- Toda, H. Y. and T. Yamamoto (1995), "Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Process", *J Econometric*, Vol. 66, pp. 225-50.
- Tol, S. J. and W. Richard (2006), Pacala, Stephen, Socolow, Robert, Understanding Long-term energy use and carbon dioxide emissions in the USA, Humborg University.
- Zapata, H. and A. N. Rambaldi (1997), "Monte Carlo Evidence on Cointegration and Causation", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 59, pp. 285-98.