

## اثر رشد اقتصادی و مصرف انرژی بر آلودگی محیط زیست: مطالعه موردی ایران

مسعود نونژاد<sup>۱</sup> و آناهیتا روزی طلب<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۳۰

### چکیده:

بیشتر فعالیت‌های اقتصادی ناگزیر به استفاده از منابع طبیعی بوده و در عین حال با انتشار پسماندهای ناشی از تولید در محیط زیست سبب به وجود آمدن فشار بر اکوسیستم طبیعی می‌شوند. در این تحقیق تلاش شده است تا به بررسی رابطه بین انتشار دی‌اکسید کربن و متغیرهای درآمد ملی، آزادسازی تجاری، تولید برق، مصرف کل فرآورده‌های نفتی، مصرف گاز طبیعی و سرمایه‌گذاری داخلی در قالب فرضیه زیست محیطی کوزنتس با استفاده از اطلاعات سری زمانی سالانه اقتصاد ایران برای دوره زمانی (۱۳۵۸-۱۳۹۱) و با بهره‌گیری از روش الگوی خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی گسترده (ARDL) پرداخته شود. این امر نشان می‌دهد که فرضیه زیست محیطی و وجود منحنی کوزنتس در ایران تا اندازه‌ای مورد تایید قرار می‌گیرد، و برای تحقق کامل آن باید رشد استاندارد و تکنولوژی کامل تولید صورت گیرد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که افزایش درآمد ملی، آزادسازی تجاری، تولید برق، مصرف کل فرآورده‌های نفتی، مصرف گاز طبیعی و سرمایه‌گذاری داخلی اثر مثبت و معناداری بر انتشار دی‌اکسید کربن دارند. همچنین مجذور درآمد اثر منفی، اما ضعیف‌تری نسبت به درآمد بر آلودگی محیط زیست دارد.

طبقه‌بندی JEL: Q49, Q43, Q56, Q53

کلمات کلیدی: آزادسازی تجاری، تولید برق، سرمایه‌گذاری داخلی، منحنی

زیست محیطی کوزنتس، مدل ARDL

۱- دانشیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

Email: mnonejad.iaushiraz@yahoo.com

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز (نویسنده مسئول)

Email: ana.roozitalab@gmail.com

#### ۱- مقدمه

رشد اقتصادی هدف اصلی بسیاری از سیاست‌های اقتصادی و دولت‌ها است. با این حال، رشد اقتصادی سریع باعث ایجاد زیان‌های جدی به محیط‌زیست (به دلیل استفاده فزاینده از منابع طبیعی) می‌شود. از این رو، یک تضاد بالقوه بین سیاست‌های رشد اقتصادی و وضعیت محیط‌زیست وجود دارد، بنابراین، مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی به یک موضوع بحث برانگیز تبدیل شده است.

در سال ۱۹۵۵ نخستین بار در ادبیات اقتصاددانی بنام کوزنتس به بررسی رابطه بین آلودگی و رشد اقتصادی پرداخت. وی با بررسی داده‌های تجربی موفق به استخراج یک منحنی U شکل معکوس<sup>۱</sup> بین نابرابری درآمدی و رشد اقتصادی شد که از آن زمان به افتخار وی منحنی زیست‌محیطی کوزنتس<sup>۲</sup> (EKC) نامیده شد. بر اساس فرضیه کوزنتس، رشد اقتصادی همواره منجر به تخریب محیط‌زیست نمی‌شود.

مطالعات زیادی در زمینه بررسی صحت فرضیه کوزنتس برای کشورهای مختلف دنیا با سطوح متفاوت از رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست و برای آلاینده‌های متفاوت صورت گرفته است (کیم و بیگ<sup>۳</sup>، ۲۰۱۳). ارتباط میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست در یک بستر زمانی بلند مدت می‌تواند به صورت مستقیم، معکوس یا ترکیبی از هر دو باشد.

از نظر بسیاری از دانشمندان علوم اجتماعی و علوم طبیعی، سطوح بالاتری از فعالیت اقتصادی (تولید یا مصرف) نیازمند انرژی و مواد اولیه بیشتری است و در نتیجه مقادیر بیشتری از مواد زائد فرعی ایجاد می‌شود. استخراج رو به افزایش منابع طبیعی، تجمع مواد زائد و تمرکز آلاینده‌ها از ظرفیت تحمل زیست‌کره بالاتر رفته و منجر به تخریب محیط‌زیست می‌شود و با وجود افزایش سطح درآمد، شاهد کاهش رفاه انسان‌ها خواهیم بود. علاوه بر این، تخریب منابع طبیعی در نهایت فعالیت اقتصادی را با خطر مواجه می‌کند. در این مطالعه، انگیزه انتخاب کشور ایران به این دلیل است که مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن در ایران طی چند دهه اخیر به صورت قابل توجهی افزایش داشته به طوری که در محدوده سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از احتراق

---

1- Inverted U-shaped Curve

2- Environmental Kuznets Curve (EKC)

3- Kim and Beak

## اثر رشد اقتصادی و مصرف انرژی بر آلودگی ... ۱۰۱

سوخت در ایران از رشد سالیانه ۶ درصد برخوردار بوده است که در مقایسه با روند جهانی در شمار کشورهای با رشد بالای انتشار گازهای گلخانه‌ای قرار دارد. در سال ۲۰۱۰، چین با ۲۳/۸ درصد سهم بزرگ‌ترین منتشرکننده گازهای گلخانه‌ای در جهان به‌شمار می‌رفت. آمریکا با ۱۷/۷ درصد دومین، هند با ۵/۴ درصد سومین، روسیه با ۵/۲ درصد چهارمین و کره جنوبی با ۱/۵۶ رتبه بعدی را در انتشار دی‌اکسید کربن دنیا را دارا بوده‌اند. در همان سال ایران با سهم ۱/۷ درصدی، رتبه نهم جهان را در انتشار گاز دی‌اکسید کربن داشت و این میزان در سال ۲۰۱۱ به ۱/۶ درصد رسید و جایگاه هفتم انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از احتراق سوخت در دنیا را به خود اختصاص داد (مدیریت و پژوهش فناوری، ۱۳۹۳).

هدف اصلی این مقاله بررسی اثر رشد اقتصادی و مصرف انرژی بر آلودگی محیط‌زیست با استفاده از داده‌های اقتصاد ایران در دوره ۱۳۵۸-۱۳۹۱ است. بررسی و تحلیل حساسیت انتشار سرانه دی‌اکسید کربن نسبت به درآمد ملی سرانه (رشد اقتصادی)، آزادسازی تجاری، سرانه تولید برق، مصرف کل فرآورده‌های نفتی، مصرف گاز طبیعی و سرانه سرمایه‌گذاری داخلی سوال‌های است که این مقاله درصدد تبیین آن‌ها است. برای این منظور مقاله به این ترتیب سازماندهی شده است: پس از مقدمه در بخش نخست، در بخش دوم مطالعات انجام شده در خصوص ارتباط میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست در قالب فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس مرور می‌شود. بخش سوم شامل مبانی نظری تحقیق است. در بخش چهارم به معرفی مدل پرداخته شده است. بخش پنجم شامل نتایج حاصل از تخمین پارامترهای مدل، محاسبه و بررسی انتشار دی‌اکسید کربن و در نهایت تحلیل مهم‌ترین عوامل موثر بر آلودگی در اقتصاد ایران است. در بخش پایانی به جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و ارائه توصیه‌های سیاستی پرداخته می‌شود.

## ۲- پیشینه مطالعات تجربی

برای بررسی تغییرات در کیفیت محیط‌زیست متأثر از رشد اقتصادی در بسیاری موارد از فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس کمک گرفته می‌شود. مطالعات متعددی در زمینه تایید یا رد فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس انجام گرفته است. گروسمن و کروگر<sup>۱</sup> (۱۹۹۱ و ۱۹۹۵) که

1- Grossman and Krueger

از پیشگامان در این زمینه هستند با انجام مطالعات گسترده روی EKC اثر رشد اقتصادی بر حوزه گسترده‌ای از آلوده‌کننده‌ها را تجزیه و تحلیل کرده و نشان داده‌اند که یک رابطه U شکل معکوس بین درآمد سرانه و انتشار ذرات معلق در هوا و سایر آلوده‌کننده‌ها وجود دارد.

شفک و باندیوپادهیای<sup>۱</sup> (۱۹۹۲) تخریب سالیانه و کلی درختان جنگلی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و نتایجی مشابه به دست آورده‌اند، اما سطح چرخش، یعنی سطوح آستانه در میان این مطالعات متفاوت بوده است.

سونگ و سلدون<sup>۲</sup> (۱۹۹۴) منحنی کوزنتس را به طور گسترده‌تر معرفی کرده‌اند. این دو محقق روابط معکوس U میان درآمد و محیط‌زیست را مورد مطالعه قرار داده و به معرفی منحنی کوزنتس پرداخته‌اند.

#### ۱-۲- مطالعات خارجی

وانگ و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۱) در مطالعه خود به بررسی رابطه انتشار دی‌اکسید کربن، انرژی مصرفی، تولید سرانه واقعی پرداختند. برای این منظور از مدل هم‌انباشتگی پانل دیتا و مدل تصحیح خطای برداری برای ۲۸ استان چین برای دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۵ استفاده کرده‌اند. نتایج تحقیق حاکی از آن است که انتشار دی‌اکسید کربن در یک دروره بلندمدت در چین کاهش نیوده و می‌تواند اثرات مخرب و فلج‌کننده‌ای برای رشد اقتصادی این کشور داشته باشد.

احمد و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای خود به بررسی رابطه بین انتشار CO<sub>2</sub> و رشد اقتصادی، غلظت آلودگی، آزادسازی تجاری و انرژی مصرفی در پاکستان برای دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۷۱ پرداختند. برای این منظور از داده‌های سری زمانی و مدل خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی گسترده (ARDL) استفاده کرده‌اند. نتایج تحقیق حاکی از آن است که فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت تایید می‌شود و یک رابطه U شکل معکوس بین انتشار CO<sub>2</sub> و رشد اقتصادی وجود دارد.

1- Shafik and Bandyopadhyay

2-Selden and Song

3- Wang and *et al.*

4- Ahmed Khalid and *et al.*

همچنین نتایج نشان می‌دهد آزادسازی تجاری و جمعیت هر دو سبب آسیب به محیط‌زیست می‌شوند و انرژی مصرفی و رشد اقتصادی سبب آلودگی می‌شوند. کیم و بیک (۲۰۱۳) در مطالعه خود به بررسی رابطه درآمد سرانه ملی، انرژی هسته‌ای، مصرف انرژی و تولید برق از منابع سوخت‌های فسیلی با انتشار دی‌اکسید کربن در چارچوب یک مدل خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی گسترده (ARDL) پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها، فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی را برای کره جنوبی در کوتاه و بلندمدت تایید کرد. شواهد حاصل از مدل تجربی آن‌ها حاکی از منافع زیست‌محیطی انرژی هسته‌ای بر کیفیت محیط‌زیست و مضرات تولید انرژی از منابع سوخت‌های فسیلی و مصرف انرژی برای محیط‌زیست است.

سایر مطالعات انجام شده در این زمینه توسط به سیوتاس و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۷)، کوندا و دیندا<sup>۲</sup> (۲۰۰۸)، ازتوک و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۳)، یانگ و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۴)، آرمیان و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۴) صورت گرفته که در تمامی این مطالعات، ارتباط میان آلودگی و رشد اقتصادی به صورت یک U معکوس مورد تایید قرار گرفته است.

## ۲-۲- مطالعات داخلی

محمد باقری (۱۳۸۹) در مطالعه خود به بررسی روابط کوتاه و بلندمدت بین تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن (به عنوان شاخص آلودگی محیط‌زیست) با استفاده از داده‌های سری زمانی ۲۰۰۸-۱۹۵۶ در ایران پرداخته است و به منظور تخمین روابط بین متغیرها از روش اقتصادسنجی خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی (ARDL) استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به تولید ناخالص داخلی بی‌کشش است، اما مقدار آن در بلندمدت بیشتر از کوتاه‌مدت است. همچنین کشش دی‌اکسید کربن نسبت به مصرف انرژی در کوتاه و بلندمدت مشابه و نزدیک به یک است.

1- Soyatas and *et al.*

2- Coondoo and Dinda

3- Oztur and *et al.*

4- Yang

5- Arminen

حسینی نسب و پاکبازی (۱۳۹۱) در مطالعه خود بررسی رابطه بین دو نوع آلودگی هوا، آب و رشد اقتصادی در دو گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه طی سال‌های ۱۹۸۰-۲۰۰۰ با استفاده از روش داده‌های تلفیقی و براساس مبانی نظری منحنی زیست محیطی کوزنتس پرداخته‌اند. نتایج به دست آمده از نمونه‌های مورد بررسی فرضیه و تحقق منحنی کوزنتس را برای هر دو نوع آلودگی در کشورهای توسعه یافته مورد تایید قرار می‌دهد، اما برای گروه کشورهای در حال توسعه فرضیه با منحنی کوزنتس تنها برای آلودگی آب تایید شده است.

سالارنظر رفسنجانی پور واصغری (۱۳۹۲) در مطالعه خود به بررسی رابطه میزان تاثیر سرمایه گذاری خارجی بر میزان انتشار آلاینده دی‌اکسید کربن به عنوان شاخص آلودگی زیست محیطی برای دوره زمانی ۱۳۵۸-۱۳۸۸ پرداخته‌اند و به منظور تخمین روابط بین متغیرها از روش ARDL استفاده کرده‌اند. نتایج حاکی است ورود سرمایه گذاری مستقیم خارجی به منطقه، اثر مثبت و معناداری بر میزان انتشار آلاینده دی‌اکسید کربن دارد.

مروری بر مطالعات تجربی انجام شده در داخل و خارج کشور نشان می‌دهد در هیچ یک از مطالعات داخلی به جز معدودی از مطالعات خارجی (کیم و بیگ) به بررسی اثر تولید برق تولید شده از منابع سوختی فسیلی بر کیفیت محیط زیست پرداخته نشده است. استفاده از این متغیر در تحقیق حاضر، مهم ترین وجه تمایز این مطالعه با مطالعات دیگر در رابطه با آزمون فرضیه زیست محیطی کوزنتس محسوب می‌شود.

به دلیل کثرت مطالعات در داخل کشور به برخی از مهم ترین مطالعات انجام شده که ارتباط نزدیک تری با موضوع این مقاله دارند به صورت خلاصه اشاره می‌شود. در این زمینه، می‌توان به مطالعات ابریشمی و مصطفایی (۱۳۸۸)، پژوهیان و مرادحاصل (۱۳۸۶)، شرزاده و حقانی (۱۳۸۸)، مبارک و محمدلو (۱۳۸۸) که در تمامی این مطالعات به بررسی رابطه بین مصرف انرژی و یا انواع حامل‌های انرژی با تولید ناخالص داخلی یا رشد اقتصادی به کمک روش‌های مختلف (هسپائو، داده‌های تلفیقی، علیت گرنجر و داده‌های پانل) پرداخته‌اند. بیشتر این مطالعات رابطه بین رشد اقتصادی با آلودگی زیست محیطی را نتیجه گرفتند.

### ۳- مبانی نظری

#### ۳-۱- اثر رشد اقتصادی بر کیفیت محیط زیست

رشد اقتصادی یکی از عوامل مهم در خصوص منبع و منشا اثرات زیست محیطی است، زیرا افزایش رشد اقتصادی، هم باعث استفاده بیشتر از منابع طبیعی و زیست محیطی و هم سبب افزایش خروجی‌های نامطلوب و آلاینده‌ها می‌شود که در تخریب محیط زیست موثر هستند. در این زمینه، مطالعات زیادی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به منحنی‌های زیست محیطی کوزنتس اشاره کرد.

مفهوم منحنی زیست محیطی کوزنتس، اولین بار در دهه ۱۹۹۰ و همزمان با مطالعه اثرات بالقوه انعقاد موافقتنامه تجارت آزاد آمریکای شمالی<sup>۱</sup> بر محیط زیست توسط گروسمن و کروگر<sup>۲</sup> (۱۹۹۱) و مطالعه شفیک و باندیوپادهای (۱۹۹۲) مطرح شد با این شرح که در صورتی که تکنولوژی، سلیق و سرمایه‌گذاری در محیط زیست ثابت در نظر گرفته شود، افزایش گستره فعالیت‌های اقتصادی بدون تردید منجر به تخریب محیط زیست خواهد شد.

بکرم<sup>۳</sup> (۱۹۹۲) با ارائه استدلالی باعث شهرت و گسترش هر چه بیشتر فرضیه زیست محیطی کوزنتس شد. از نظر وی، شواهد روشنی وجود دارد که رشد اقتصادی در مراحل اولیه خود منجر به تخریب محیط زیست می‌شود، اما در نهایت بهترین و شاید تنها راه برای حفظ و ارتقای سطح کیفی محیط زیست در کشور های جهان، ثروتمند شدن است.

محققان با اقتباس از کار تحقیقی کوزنتس به بررسی رابطه رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست پرداختند و با توجه به دستیابی به نتایج مشابه و وجود رابطه U وارون بین متغیرهای رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست، این ایده به فرضیه زیست محیطی کوزنتس مشهور شد.

طرفداران فرضیه کوزنتس زیست محیطی معتقدند که در سطوح بالای توسعه، ساختار اقتصادی به سمت صنایع و خدمات اطلاعات بر حرکت می‌کند. علاوه بر این، در مراحل بالای توسعه، آگاهی در مورد محیط زیست بالا می‌رود، قوانین زیست محیطی مفیدتری وضع و اجرا می‌شود و مخارج مصرف شده برای حفظ و ارتقای محیط زیست افزایش

1- North American Free Trade Agreement (NAFTA)

2- Grossman and Krueger

3- Bekerman

می یابد. در این دیدگاه، دستیابی به سطوح بالای توسعه سبب کاهش اثرات تخریبی بر محیط زیست می شود. در مجموع برای تبیین اثرات رشد اقتصادی بر محیط زیست و نحوه اثرگذاری آن بر محیط زیست، می توان اثرات رشد را به سه بخش تقسیم کرد: اثر مقیاسی، اثر ترکیب نهاده ها و اثر تکنولوژی.

- اثر مقیاس<sup>۱</sup>: گسترش سطح تولید با یک سطح معین از تکنولوژی و ثبات نسبت نهاده ها باعث افزایش تخریب محیط زیست می شود.

- اثر ترکیب نهاده ها<sup>۲</sup>: با افزایش نسبت نهاده های مضر برای محیط زیست اثر تخریبی رشد اقتصادی بر محیط زیست افزایش می یابد که به اثر ساختاری نیز مشهور است.

- اثر تکنولوژی<sup>۳</sup>: با افزایش کارایی تولید میزان نهاده های مورد استفاد از نهاده های زیست محیطی در تولید یک محصول کاهش می یابد. همچنین پیشرفت تکنولوژی باعث می شود ضایعات و فضولات تولید کاهش یافته و آسیب بر محیط زیست کم شود (استرن<sup>۴</sup>، ۱۹۹۸).

### ۲-۳- سرمایه گذاری داخلی و اثر آن بر کیفیت محیط زیست

تداوم فرآیند رشد و توسعه در اقتصاد قبل از هر چیز مستلزم دقت در عوامل ایجادکننده آنها است. شکی نیست که سرمایه گذاری یا تشکیل سرمایه، شرط لازم برای رشد و توسعه اقتصادی است. نقش و جایگاه سرمایه گذاری در این فرآیندها تا حدی است که مباحث سرمایه گذاری یکی از بخش های اساسی و غیرقابل تفکیک اقتصادی محسوب می شوند به طوری که در دیدگاه برخی اقتصاددانان رشد و توسعه فقدان سرمایه یکی از علل اصلی گرفتاری بسیاری از کشورها جهان سوم در دور باطل فقر شناخته شده است (استانکوسکی<sup>۵</sup>، ۱۹۹۵). همچنین بهبود عامل سرمایه به عنوان محرک رشد اقتصاد منجر به افزایش حجم فعالیت های اقتصادی و در نهایت رشد اقتصادی می شود، اما جنبه زیست محیطی تغییر و افزایش این عامل را نباید از نظر دور داشت.

---

1- Scale Effect

2- Composition Effect

3- Technique Effect

4- Stern

5- Stankovsky



بر اساس مطالعات صورت گرفته، تاثیر سرمایه گذاری بر میزان تخریب محیط زیست را می توان در دو رویکرد خلاصه کرد؛ در رویکرد اول، بهبود و رشد عامل سرمایه، سبب افزایش حجم فعالیت های اقتصادی شده و نوعی تغییر مقیاس را در پی خواهد داشت که این مساله منجر به افزایش مصرف انرژی و در نهایت افزایش انتشار آلاینده ها خواهد شد. رویکرد دوم، سرمایه گذاری سبب ایجاد تغییرات تکنیکی شده و تکنولوژی های سازگار با محیط زیست که از آلاینده گی کمتری برخوردارند، جایگزین تکنولوژی های مخرب و آلاینده خواهند شد (شاهنوشی و محمودی، ۱۳۹۱).

### ۳-۳- اثر رشد اقتصادی بر کیفیت محیط زیست

در مورد رابطه بین آزادسازی تجاری و محیط زیست دیدگاه های مختلفی وجود دارد؛ به عقیده طرفداران محیط زیست در اثر آزادسازی تجاری، حجم فعالیت های اقتصادی (از جمله فعالیت های آلاینده) گسترش یافته و استفاده از منابع و انرژی به شکل نامناسبی افزایش می یابد. همچنین گسترش تجارت آزاد و افزایش فشارهای رقابتی بین بنگاه های داخلی و رقبا خارجی به ملایم تر شدن سیاست های زیست محیطی مناسب منتهی می شود و حتی تصویب و اجرای قوانین زیست محیطی ملی را در مواجهه با فرایند آزادسازی تجاری با تاخیر همراه می کند. در مقابل، طرفداران تجارت آزاد، آزادسازی تجاری را موجب بهبود کیفیت محیط زیست معرفی می کنند. براساس استدال آنها، با توجه به واکنش کشورها به فشارهای رقابتی ناشی از گسترش تجارت آزاد و دسترسی به مزیت نسبی، استفاده از منابع کارا شده است و ائتلاف منابع و انرژی و آلاینده گی مربوط به آن کاهش می یابد (برقی اسگویی، ۱۳۸۷).

فرضیه ای که اغلب در زمینه محیط زیست و تجارت به کار می رود، فرضیه پناهگاه آلودگی است. در این فرضیه استانداردهای پایین تر، منبعی برای ایجاد مزیت نسبی و تغییر در الگوی تجارت است. این فرضیه در سال ۱۹۹۴ توسط تیلور و کوپلند<sup>۱</sup> مطرح شد. آنها بیان می کنند که استانداردهای زیست محیطی شدید در کشورهای صنعتی، منجر به انتقال صنایع آلاینده به کشورهای با استانداردهای زیست محیطی پایین تر می شود. در این فرضیه

کشورهای با سیاست‌های زیست‌محیطی ملایم‌تر، کشورهای با درآمد پایین‌تر هستند (خانقاهی و متفکرآزاد، ۱۳۹۱).

#### ۴-۳- تولید برق و اثر آن بر کیفیت محیط‌زیست

انرژی الکتریسیته از جمله حامل‌های انرژی بسیار پرکاربرد بوده و در فرایند توسعه نیز نقش قابل توجهی در پیشبرد رشد اقتصادی دارد، اما تولید برق به منابع انرژی گوناگون بخصوص سوخت‌های فسیلی وابسته است به طوری که در سال ۲۰۱۱ حدود ۶۷ درصد انرژی برق جهان از این منابع، ۱۵ درصد از انرژی آبی و تنها ۴ درصد از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر تولید شده است. در اکثر روش‌های تولید الکتریسیته حتی در روش‌های مورد استفاده در انرژی‌های نو یا هسته‌ای یک چرخه توربین گازی یا توربین بخار مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. از این جهت بسیاری از آلاینده‌های احتمالی ناشی از بهره‌برداری واحدهای تولید الکتریسیته مشابهت قابل توجهی خواهند داشت. بسیاری از آلاینده‌ها به‌خصوص در چرخه تولید برق به طور غیرمستقیم یا مستقیم به دلیل مصرف سوخت‌های فسیلی تولید می‌شوند که در نیروگاه‌های غیرفسیلی وجود ندارند. تولید برق در یک نیروگاه سوخت فسیلی بر مبنای احتراق سوخت که باعث تبدیل انرژی شیمیایی به حرارت و سپس استفاده از حرارت برای گردش توربین و ژنراتورها است، صورت می‌گیرد.

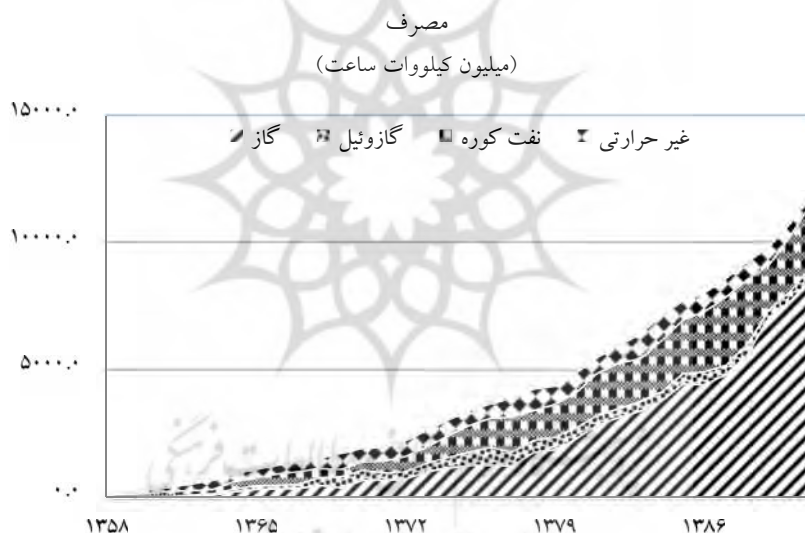
از دیدگاه زیست‌محیطی، نوع سوخت و نیز روش تولید الکتریسیته از سوخت دارای اهمیت قابل توجهی است. سوخت‌های فسیلی مورد استفاده برای تولید الکتریسیته را می‌توان زغال سنگ، گاز و نفت و مشتقات آن مانند نفت گاز و نفت کوره دانست. نفت گاز بیشتر در توربین‌های گازی و نیروگاه‌های دیزلی استفاده می‌شود. از نفت کوره بیشتر در نیروگاه‌های حرارتی به‌خصوص در فصول سرد سال استفاده می‌شود که با توجه به وجود انواع ناخالصی‌ها، عناصر سنگی و گوگرد در آن، مسایل زیست‌محیطی و زایدات مرتبط با فعالیت نیروگاه به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. علاوه بر نوع سوخت مصرفی که از دیدگاه مدیریت مواد زاید در صنعت تولید برق از اهمیت زیادی برخوردار است و به طور مستقیم بر مقدار و نوع زایدات تولید شده موثر خواهد بود، روش انتخابی تولید برق از سوخت‌های فسیلی نیز بر مواد زاید تولیدی از نظر کمی و کیفی موثر است. نوع نیروگاه برق نیز می‌تواند در انتخاب نوع سوخت مصرفی محدودیت‌هایی از نظر سازگاری فناوری

## اثر رشد اقتصادی و مصرف انرژی بر آلودگی ... ۱۰۹

ایجاد کند که اثر زیادی بر آلودگی تولیدی خواهد داشت. مهم ترین انواع نیروگاه‌هایی که در آن‌ها با احتراق سوخت‌های فسیلی، برق تولید می‌شود، عبارتند از: نیروگاه‌های حرارتی بخاری متعارف، نیروگاه‌های توربین گازی و نیروگاه‌های چرخه ترکیبی معدنکاری هستند (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۷).

در نمودار (۱) میزان انتشار دی اکسید کربن حاصل از تولید هر کیلووات ساعت برق به تفکیک نوع نیروگاه ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین میزان انتشار دی اکسید کربن از نیروگاه گازی و بخاری که به ترتیب ۲۴/۵ و ۳۹/۹ درصد و نیروگاه‌های سیکلی ترکیبی ۳۰/۳ درصد در تولید برق سهم داشته‌اند (وزارت نیرو، توانیر، ۱۳۹۲).

نمودار(۱): روند تولید انرژی برق نیروگاه‌های غیرحرارتی و حرارتی کشور به تفکیک نوع سوخت



منبع: وزارت نیرو (۱۳۹۲)

با توجه به اینکه بخش اعظم برق کشور با استفاده از سوخت‌های فسیلی و توسط نیروگاه‌های بخاری، گازی یا چرخه ترکیبی تولید می‌شود، تاکید اصلی این تحقیق بر آلاینده‌های ناشی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی خواهد بود. تولید برق از سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌های کشور، سلامتی و بهداشت مردم، تولید محصولات کشاورزی، مواد

و اجسام و اکوسیستم‌های طبیعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و به پدیده گرمایش جهانی را سرعت می‌بخشد (صادقی، ۱۳۹۳).

### ۵-۳- مصرف گاز طبیعی و اثر آن بر کیفیت محیط‌زیست

گاز طبیعی یکی از منابع مهم انرژی در قرن ۲۱ است که پیش‌بینی می‌شود با رشد فزاینده تقاضای آن تا سال ۲۰۳۰ یکی از مهم‌ترین تامین‌کننده انرژی جهان باشد. گاز طبیعی در دو بخش مصارف نهایی و بخش انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. گاز طبیعی خود به دو روش مصارف نهایی انرژی و غیرانرژی تقسیم می‌شود. در مصارف نهایی انرژی از گاز طبیعی برای تامین انرژی مورد نیاز زیربخش‌های خانگی، تجاری، عمومی، صنعت، حمل‌ونقل، کشاورزی و سوخت پتروشیمی استفاده می‌شود. مصرف گاز طبیعی به عنوان خوراک پتروشیمی از جمله مصارف غیرانرژی است. مصارف بخش انرژی گاز طبیعی شامل سوخت پالایشگاه گاز، نفت و ایستگاه‌های تقویت، توربین و دیزل ژنراتورهای موجود در مسیر خط لوله و گاز مصرفی است (برهمندزاده و قهرودی، ۱۳۹۳).

از مهم‌ترین منابع آلوده‌کننده گاز طبیعی می‌توان به جامدات، آب، روغن کمپرسور، گازهای سنگین، سولفید هیدروژن، هیدروژن، منواکسید و دی‌اکسید کربن اشاره کرد. در اثر احتراق گاز طبیعی با توجه به کیفیت و ترکیب درصد اجزای سوخت، آلاینده‌های مختلفی انتشار می‌یابد.

### ۴- معرفی مدل

مدل این مقاله برگرفته از مطالعه کیم و بیک (۲۰۱۳) تحت عنوان «رشد اقتصادی خوب یا بد: شواهد تجربی برای کشور کره» با اضافه کردن متغیرهای چون آزادسازی تجاری، سرمایه‌گذاری داخلی، مصرف کل فرآورده‌های نفتی و مصرف گاز طبیعی به صورت معادله (۱) تصریح شده است.

$$\ln CQ_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y_t + \alpha_2 (\ln Y_t)^2 + \alpha_3 \ln OPEN_t + \alpha_4 \ln EN_t + \alpha_5 \ln GAS_t + \alpha_6 \ln OIL_t + \alpha_7 \ln I_t + \alpha_8 DUM_t + \epsilon_t \quad (1)$$

$\ln CO_2$  لگاریتم انتشار سرانه دی اکسید کربن (متریک تن)،  $\ln Y_t$  لگاریتم درآمد سرانه ملی (هزار ریال)،  $(\ln Y_t)^2$  لگاریتم مجذور درآمد سرانه ملی (هزار ریال)<sup>۱</sup>،  $\ln OPEN$  لگاریتم شاخص آزادسازی تجاری (نسبت مجموع صادرات و واردات تقسیم بر تولید ناخالص داخلی)،  $\ln EN_t$  لگاریتم سرانه تولید برق (جمع گاز طبیعی و نفت کوره، میلیون کیلووات ساعت)،  $\ln GAS_t$  لگاریتم مصرف گاز طبیعی در بخش‌های (خانگی، صنایع، تجاری و عمومی، خوارک و پتروشیمی، کشاورزی، حمل و نقل، میلیون مترمکعب)،  $\ln OIL_t$  لگاریتم مصرف کل فرآورده‌های نفتی (جمع مصرف نفت گاز، نفت کوره، بنزین موتور، نفت سفید، گاز مایع و سایر فرآورده‌های نفتی، هزار بشکه در روز)،  $\ln I_t$  لگاریتم سرانه سرمایه گذاری داخلی، میلیارد ریال به قیمت ثابت ۱۳۸۳ است و با اضافه کردن متغیر مجازی منعکس کننده شوک سال‌های جنگ و انقلاب در مدل بهبود نسبی ایجاد می‌شود. از این رو، متغیر مجازی DUM با مقدار یک برای سال‌های ۱۳۶۷-۱۳۵۸ مقدار صفر بقیه سال‌ها تعریف شده است. همچنین جمله اخلاص مدل است. در این مطالعه ضرایب، میزان تاثیر هر متغیر مستقل را بر متغیر وابسته را توضیح می‌دهد. به منظور رعایت اختصار از این قسمت به بعد از عنوان کلمه‌های لگاریتم و سرانه داده‌ها خودداری می‌شود و هر کجا نام متغیرهای نامبرده آمده است، منظور لگاریتم و سرانه آن‌ها است. علائیم مورد انتظار متغیرها عبارتند از:

$$\{ \alpha_1 > 0; \alpha_2 < 0; \alpha_3 > 0; \alpha_4 > 0; \alpha_5 > 0; \alpha_6 > 0; \alpha_7 > 0 \}$$

در این تحقیق به منظور آزمون فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس در اقتصاد ایران از اطلاعات سری زمانی سالانه دوره‌ای (۱۳۹۱-۱۳۵۸) استفاده شده است. آمار و اطلاعات مربوط به گاز دی اکسید کربن به عنوان شاخص آلودگی محیط زیست از  $WDI^2$  درآمد ملی، شاخص آزادسازی تجاری، سرمایه گذاری داخلی، مصرف گاز طبیعی، مصرف کل

۱- در زمینه داده‌های به کار گرفته شده در قسمت تولید برق (گاز طبیعی و نفت کوره)، داده‌های بخش تولید برق از کل داده‌های مصرف فرآورده‌های نفتی تفکیک شده است و داده‌های تولید برق از سوخت‌های فسیلی به صورت مستقیم از وزارت نیرو تاثیر جمع آوری شده است.

۲- انتخاب انتشار دی اکسید رین به عنوان شاخص آلودگی محیط زیست به این دلیل است که دی اکسید کربن مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای بوده و بیشترین سهم را در میان گازهای گلخانه‌ای دارد. از این رو، در بیشتر مقالات از این شاخص در بررسی وضعیت آلودگی محیط زیست استفاده می‌شود.

فرآورده‌های نفتی و تولید برق بترتیب از بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و وزارت نیرو توانیر گردآوری شده است.

#### ۵- تخمین، تجزیه و تحلیل یافته‌ها

در این بخش ابتدا مانایی متغیرهای الگو بررسی می‌شود، سپس برآورد مدل برای سه رابطه پویا، بلندمدت و کوتاه‌مدت صورت می‌پذیرد و در نهایت آزمون ثبات، انجام می‌شود.

#### ۱-۵- بررسی مانایی متغیرها

در ابتدای به بررسی مانایی متغیرهای موجود در مدل می‌پردازیم، زیرا مانایی یا نامانایی یک سری می‌تواند تاثیر جدی بر رفتار و خواص آن داشته باشد. به عنوان مثال، وقتی یک شوک به یک سری باثبات (مانا) وارد می‌شود، آثار آن بر متغیر مورد نظر میرا هستند و به تدریج از بین می‌رود؛ یعنی اثر شوک مورد نظر طی زمان  $t$  کمتر از اثر آن در زمان  $t-1$  می‌باشد، در مقابل، داده‌های نامانا به گونه ای هستند که دوام و ماندگاری شوک‌ها نامحدود است به طوری که برای یک سری نامانا، اثر یک شوک در زمان  $t$  کمتر از اثر آن در زمان  $t-1$  است.

استفاده از داده‌های نامانا می‌توانند منجر به رگرسیون‌های کاذب شود و در نتیجه دیگر مقادیر بحرانی آماره‌های  $F$  و  $t$  کاربرد نداشته باشد. از این رو، یکی از مهم‌ترین نکاتی که در خصوص مدل‌های سری زمانی باید در نظر گرفت مانایی متغیرها است.

برای بررسی مانایی متغیرها از آزمون دیک‌فی فولر تعمیم یافته<sup>۲</sup> (ADF) استفاده شده است؛ اگر قدر مطلق آماره آزمون از قدر مطلق کمیت بحرانی ارائه شده توسط مک‌کینون بزرگ‌تر باشد، فرضیه  $H_0$  وجود ریشه واحد رد می‌شود (فطرس و امامی، ۱۳۹۰). خلاصه نتایج بررسی مانایی متغیرها در جدول (۱) ارائه شده است.

---

1- Stationary

2- Augmented Dickey- Fuller Test

جدول (۱): نتایج آزمون مانایی دیکی فولر تعمیم یافته

نام متغیر	آماره آزمون ADF		نام متغیر	آماره آزمون ADF	
	با عرض از مبدا و روند با عرض از مبدا	با عرض از مبدا		با عرض از مبدا و روند با عرض از مبدا	با عرض از مبدا
$\ln CO_{2t}$	-۰/۲۹۳۴۵۷	* -۵/۸۴۸۰۲	$d \ln CO_{2t}$	.....	.....
$\ln y_t$	-۰/۰۷۰۷۶	* -۳/۸۶۴۹	$d \ln y_t$	.....	.....
$(\ln Y_t)^2$	-۰/۶۶۶۴۶۴	* -۳/۷۸۵۷۵	$(\ln Y_t)^2$	.....	.....
$\ln open_t$	-۲/۱۷۶۸	-۲/۹۸۷۷	$d \ln open_t$	-۶/۴۳۲۲	** -۶/۳۴۲۰
$\ln EN_t$	-۱/۳۹۷۳	-۱/۶۸۷۱	$d \ln EN_t$	-۴/۳۶۱۳	** -۴/۸۶۴۶
$\ln OIL_t$	-۲/۱۷۰۴۳	-۱/۲۳۶۵	$d \ln OIL_t$	-۴/۶۲۴۹	** -۴/۶۲۶۶
$\ln GAS_t$	* -۴/۶۳۰۷۴۹	* -۵/۰۲۵۴۱۸	$d \ln GAS_t$	.....	.....
$\ln I_t$	-۲/۰۹۰۰۱۹	۲/۲۶۲۶۲۰	$d \ln I_t$	-۴/۲۹۰۷	** -۴/۲۳۳۷

\* مقدار بحرانی در سطح ۹۵ درصد در حالت بدون روند ۲/۹۸- است.

\*\* مقدار بحرانی تفاضل اول در سطح ۹۵ درصد در حالت روند و عرض از مبدا ۳/۵۹- است.

منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج آزمون دیکی فولر تعمیم یافته در جدول (۱)، مشاهده می‌شود برای متغیرهای انتشار دی اکسید کربن، درآمد ملی، مجذور در آمد ملی و مصرف گاز طبیعی مقدار آماره محاسباتی از مقدار بحرانی جدول مک کینون در سطح خطای ۵ درصد بزرگ تر است. پس می‌توان گفت این متغیرها در سطح مانا هستند و آزادسازی تجاری، مصرف کل فرآورده‌های نفتی، تولید برق و سرمایه گذاری داخلی با یکبار تفاضل گیری مانا خواهند شد. با توجه به این نتیجه گیری، مشخص می‌شود درجه هم‌انباشتگی متغیرها متفاوت است و بهترین روش برای مدل در این حالت، استفاده از روش خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی گسترده (ARDL) است، زیرا در این روش نیازی به یکسان بودن درجه انباشتگی متغیرها نیست.

برای استفاده از آزمون ARDL علاوه بر اینکه متغیرها باید ترکیبی از  $I(1)$  و  $I(0)$  باشد، وجود همبستگی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل نیز لازم است؛ در صورت وجود همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته می‌توان از روش تخمین ARDL استفاده

کرد. نتایج آزمون حکایت از وجود هم بستگی بین متغیر وابسته و مستقل ها است. نتایج آزمون وجود همبستگی در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲): نتایج آزمون وجود همبستگی بین متغیر وابسته و مستقل ها

	$\ln CO_2$	$\ln y_t$	$(\ln Y_t)^T$	$\ln open_t$	$\ln EN_t$	$\ln OIL_t$	$\ln GAS_t$	$\ln I_t$
$\ln CO_2$	۱	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۵۳	۰/۸۸	۰/۹۸	۰/۴۸	۰/۲۰

منبع: یافته‌های تحقیق

## ۲-۵- برآورد مدل ARDL

نتایج برآورد مدل در سه بخش رابطه پویا، رابطه بلندمدت و رابطه کوتاهمدت ارائه می‌شود.

### الف- رابطه پویا

معادله (۲) به عنوان رابطه پویای بین درآمد ملی، مجذور درآمد ملی، آزادسازی تجاری، تولید برق، مصرف کل فرآورده‌های نفتی، مصرف گاز طبیعی و سرمایه گذاری داخلی با انتشار دی اکسید کربن تصریح و برآورد می‌شود.

(۲)

$$\begin{aligned} \ln C_t = & + \sum_{j=1}^p \alpha_j \ln C_{t-j} + \sum_{i=0}^{q1} \beta_i \ln Y_{t-i} + \sum_{i=0}^{q2} \gamma_i (\ln y_{t-i})^T \\ & + \sum_{i=0}^{q3} \delta_i \ln OPEN_{t-i} + \sum_{i=0}^{q4} \epsilon_i \ln EN_{t-i} + \sum_{i=0}^{q5} \zeta_i \ln OIL_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^{q6} \eta_i \ln GAS_{t-i} + \sum_{i=0}^{q7} \theta_i \ln I_{t-i} + DUM + U_t \end{aligned}$$

به منظور برآورد معادله (۲)، ابتدا با توجه به تعداد محدود مشاهدات، حداکثر وقفه ۲ لحاظ و تمامی معادلات به روش حداقل مربعات معمولی برآورد می‌شود. سپس با استفاده از معیار بیزین- شوارتز، یکی از معادلات برآورد شده به عنوان رابطه پویا بین متغیرها انتخاب شد (جدول (۳)). در رابطه پویای به دست آمده، وقفه بهینه مربوط به دی اکسید کربن ۱، درآمد ملی و مجذور آن به ترتیب ۲ و ۱، آزادسازی تجاری ۱، تولید



برق ۲، مصرف فرآورده‌های نفتی، مصرف گاز طبیعی و سرمایه‌گذاری داخلی صفر به دست آمده است و مدل به صورت  $ARDL(1, 2, 1, 1, 2, 0, 0, 0)$  برآورد شده است.

جدول (۳): نتایج برآورد روابط پویا  $ARDL(1, 2, 1, 1, 2, 0, 0, 0)$

Variable	Coefficient	Std.	Std. Error	t-Statistic	Probe
$\ln CO_2(-1)$	۰/۴۵۶۰۵		۰/۱۶۳۱۳	۲/۷۹۵۷	(۰/۰۱۱)
$\ln y_t(-2)$	۷/۱۶۱۶		۲/۷۷۳۳	۲/۵۸۲۱	(۰/۰۱۸)
$(\ln Y_t)^1(-1)$	-۲/۰۶۳۲		۰/۷۷۱۸۳	-۲/۶۷۳۱	(۰/۰۱۵)
$\ln OPEN_t(-1)$	۰/۳۴۲۵۹		۰/۰۱۲۷۵۴	۱/۰۹۸۱	(۰/۰۱۴)
$\ln EN_t(-2)$	۰/۳۸۱۰۳		۰/۱۸۴۷۰	۲/۰۶۳۰	(۰/۰۵۲)
$\ln OIL_t$	۰/۹۶۸۴۲		۰/۲۵۸۴۴	۳/۷۴۷۴	(۰/۰۰۱)
$\ln GAS_t$	۰/۱۹۹۱۶		۰/۴۴۸۱۶	۲/۰۵۱۴	(۰/۰۵۰)
$\ln I_t$	۰/۰۵۳۵۰		۰/۰۲۹۷۷۱	۱/۷۹۷۳	(۰/۰۸۷)
C	-۳۷/۲۵۶		۱۴/۲۴۰۰	-۲/۶۳۵۳	(۰/۰۱۶)
DUM	۰/۹۹۶۹		۰/۰۵۳۴۴	۱/۷۶۵۳	(۰/۰۷۷)
$R^2=0/93$		D.W:2/1526		F-stat:24/3604f (11,20)	Probe: (0.000)

آزمون‌های تشخیص پذیری<sup>۱</sup>

آماره F	آماره LM	آزمون آماری
۳۴/۲۶۲۴ [۰/۵۶۵]	۰/۵۶۶۸۵ [۰/۴۵۲]	خود همبستگی سریالی
۰/۲۶۸۲۶ [۰/۶۱۱]	۰/۴۴۳۲۲ [۰/۵۰۶]	فرم تبعی
Not applicable	۰/۶۳۵۴۱ [۰/۷۲۸]	نرمال بودن
۰/۲۲۹۲۸ [۰/۶۳۹]	۰/۲۴۲۷۱ [۰/۶۲۲]	واریانس همسانی

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج مربوط به تخمین الگوی پویای در جدول (۳) نشان می‌دهد انتشار گاز دی‌اکسید کربن با یک وقفه، دارای تاثیر مثبت و معنی‌دار بر خود متغیر بوده و متغیرهای درآمد ملی، شاخص آزادسازی تجاری، تولید برق، مصرف کل فرآورده‌های نفتی، مصرف گاز طبیعی در همان دوره، تاثیر مثبت بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن داشته‌اند و ضریب تعیین ( $R^2=0/93$ ) نشان‌دهنده قدرت توضیح‌دهندگی به نسبت خوب مدل است.

#### 1- Diagnostic Tests

با توجه به جدول (۳) و تمام آزمون‌های تشخیص‌پذیری روی جملات پسماند، ملاحظه می‌شود حداقل سطح معنی‌داری از سطح خطای ۵ درصد بزرگ‌تر است، بنابراین، فرض صفر رد شدنی نبوده و برقراری فروض کلاسیک (عدم وجود خودهمبستگی، شکل تبعی صحیح، نرمال بودن جملات پسماند و وجود واریانس همسانی) برای مدل موردنظر تایید می‌شود. در این آزمون، شرط آنکه رابطه پویای به سمت تعادل بلندمدت گرایش یابد، آن است که مجموع ضرایب متغیر وابسته با وقفه، کمتر از یک باشد. به عبارت دیگر، فرضیه صفر بیانگر عدم وجود رابطه بلندمدت است. برای انجام این آزمون باید براساس آماره معرفی شده توسط دولادو و مستر عدد یک از مجموع ضرایب با وقفه متغیر  $t$  آماره وابسته کسر و بر مجموع انحراف معیارهای این ضرایب تقسیم شود. با استفاده از این رابطه آماره  $t$  محاسبه شده معادل ۳/۳۶- بوده که قدر مطلق آن از قدر مطلق کمیت بحرانی ارائه توسط دولادو و مستر در سطح اطمینان ۹۰، ۳/۲۷- درصد بزرگ‌تر است، بنابراین فرضیه  $H_0$  مبنی بر عدم وجود رابطه بلندمدت رد شده و وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل مورد تایید قرار می‌گیرد.

#### ب- رابطه بلندمدت

پس از تایید وجود رابطه بلندمدت از طریق آزمون دولادو و مستر، می‌توان معادله (۳) را استخراج کرد. رابطه بلندمدت بین متغیرها از معادله پویا به دست می‌آید که به صورت معادله (۳) است.

$$\ln CQ_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y_t + \alpha_2 (\ln Y_t)^2 + \alpha_3 \ln OPEN_t + \alpha_4 \ln EN_t + \alpha_5 \ln OIL_t + \alpha_6 \ln GAS_t + \alpha_7 \ln I_t + \alpha_8 DUM_t + \epsilon_t \quad (3)$$

نتایج حاصل از برآورد رابطه بلندمدت در جدول (۴) نشان داده شده است. براساس این جدول، تمامی ضرایب مدل از معنی‌دار و از نظر علامتی، سازگار با تئوری‌های نظری هستند. هر یک از ضرایب متغیرها، کشش انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به آن متغیر را نشان می‌دهد. ضرایب متغیرهای آزادسازی تجاری، انرژی تولید برق، مصرف کل فرآورده‌های نفتی، مصرف گاز طبیعی و سرمایه‌گذاری داخلی به ترتیب برابر ۰/۱۱، ۰/۶۶، ۰/۵۲، ۰/۳۱، ۰/۰۹۸ است؛ به این معنی که با یک درصد افزایش در آزادسازی تجاری، تولید برق،

## اثر رشد اقتصادی و مصرف انرژی بر آلودگی ... ۱۱۷

مصرف کل فرآورده‌های نفتی، مصرف گاز طبیعی و سرمایه گذاری داخلی با فرض ثابت بودن سایر شرایط انتشار دی اکسید  $CO_2$ ،  $SO_2$ ،  $NO_2$ ،  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$ ،  $O_3$  افزایش می‌یابد.

جدول (۴): نتایج برآورد روابط بلندمدت  $ARDL(1,2,1,1,2,0,0,0)$

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probe
$\ln Y_t$	۱۳/۱۶۶۰	۵/۱۲۲۴	۲/۵۷۰۳	(۰/۰۱۸)
$(\ln Y_t)^2$	-۳/۷۹۲۹	۱/۴۳۰۴	-۲/۶۱۶	(۰/۰۱۵)
$\ln OPEN_t$	۰/۱۱۵۵۲	۰/۰۴۶۲۷	۲/۴۹۶۳	(۰/۰۲۱)
$\ln EN_t$	۰/۶۶۴۹۲	۰/۱۳۶۷۷	۴/۷۶۱۷	(۰/۰۰۰)
$\ln OIL_t$	۰/۵۲۰۲۶	۰/۱۴۲۱۵	۳/۶۶۱۴	(۰/۰۱۸)
$\ln GAS_t$	۰/۳۱۱۴۷	۰/۱۰۷۸۹	۲/۸۸۶۹	(۰/۰۴۴)
$\ln I_t$	۰/۰۹۸۷۳۰	۰/۶۸۵۶۱	۱/۴۳۶۸	(۰/۰۱۶)
C	-۶۸/۹۸۸۹	۲۵/۶۸۵۸	-۲/۶۸۵۹	(۰/۰۱۴)
DUM	۰/۱۸۳۲۸	۰/۱۰۱۵۵	۱/۸۰۴۸	(۰/۰۸۶)

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به آنکه بیش از ۹۰ درصد انرژی برق ایران از منابع سوختی فسیلی تامین می‌شود، مثبت شدن ضریب تولید برق چندان دور از انتظار نیست. همچنین ضریب درآمد ملی (۱۳/۱۶)، مثبت به دست آمده که با فرضیه زیست محیطی کوزنتس مبنی بر ارتباط مستقیم بین رشد اقتصادی و انتشار دی اکسید کربن، سازگار است و نشان می‌دهد انتشار دی اکسید کربن نسبت به درآمد ملی باکاهش است. بر این اساس یک واحد در افزایش درآمد ملی با فرض ثابت بودن سایر شرایط انتشار دی اکسید کربن به میزان ۱۳/۱۶ درصد بالا می‌رود. البته با توجه به نبود استانداردهای زیست محیطی مناسب، کیفیت پایین نهادهای تولید، پایین بودن تکنولوژی تولید و عدم کارایی در تولید به ویژه بخش صنعت و عدم کارایی فنی به ویژه در بخش حمل و نقل چندان دور از انتظار نیست که رشد اقتصادی با ضریب بالا (۱۳/۱۶) در ایران منجر به آلودگی زیست محیطی شود. همچنین ضریب توان دوم رشد اقتصادی منفی است که مطابق انتظار و موافق با مفروضات فرضیه زیست محیطی کوزنتس و تاییدکننده تقعر رو به پایین بودن منحنی زیست محیطی کوزنتس است.

### ج- برآورد رابطه کوتاه‌مدت و سرعت تعدیل

مدل تصحیح خطا براساس معادله (۴) و برای بررسی نیروهای موثر در کوتاه‌مدت و سرعت نزدیک شدن به مقدار تعادلی بلندمدت تصریح و برآورد می‌شود.

$$\Delta C_t = + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta C_{t-j} + \sum_{i=1}^{q1} \gamma_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{q2} \gamma_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=1}^{q3} \gamma_i \Delta OPEN_{t-i} + \sum_{i=1}^{q4} \gamma_i \Delta EN_{t-i} + \sum_{i=1}^{q5} \gamma_i \Delta OIL_{t-i} + \sum_{i=1}^{q6} \gamma_i \Delta GAS_{t-i} + \sum_{i=1}^{q7} \gamma_i \Delta I_{t-i} + \lambda ECM_{t-i} + DUM + U_t \quad (4)$$

عمده‌ترین دلیل شهرت این الگوها آن است که نوسانات کوتاه‌مدت متغیرها را به مقادیر تعادلی بلندمدت ارتباط می‌دهد. این مدل‌ها در واقع نوعی از مدل‌های تعدیل جزئی‌اند که در آن‌ها با وارد کردن پسماند مانا از یک رابطه بلندمدت، نیروهای موثر در کوتاه‌مدت و سرعت نزدیک شدن به مقدار تعادلی را اندازه‌گیری می‌شود. برای این منظور در تحقیق حاضر پس از برآورد رابطه بلندمدت میان متغیرها، الگوی تصحیح خطا نیز تخمین زده شد که نتایج آن در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول (۵): نتایج برآورد الگوی  $ECM^1$   $ARDL(1, 2, 1, 1, 2, 1, 1, 0)$

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probe
$dlny_t$	۷/۱۶۱۶	۲/۷۷۳۳	۲/۸۵۲۴	(۰/۰۱۷)
$(ln Y_t)^*$	-۲/۰۶۳۲	۰/۷۷۱۸۳	-۲/۶۷۳۱	(۰/۰۱۴)
$dlnOPEN_t$	۰/۰۲۸۵۷	۰/۰۱۳۶۲۲	۲/۰۹۸۱	(۰/۰۴۸)
$dlnEN_t$	۰/۳۸۱۰۳	۰/۱۸۴۷۰	۲/۰۶۳۰	(۰/۰۵۱)
$dlnOIL_t$	۰/۰۳۳۲۷	۰/۰۱۲۵۸	۲/۶۴۴۷	(۰/۰۱۴)
$dlnGAS_t$	۰/۲۲۹۰	۰/۷۴۸۲۰	۲/۹۸۷۴	(۰/۰۴۰)
$dlnI_t$	۰/۰۵۳۵	۰/۰۲۹۷۷	۱/۷۹۷۳	(۰/۰۸۶)
C	-۳۷/۵۲۶	-۱۴/۲۴۰۰	-۲/۶۳۵۳	(۰/۰۱۵)
DUM	۰/۹۹۶۹	۰/۰۵۳۴۴	۱/۸۶۵۳	(۰/۰۷۶)
$ECM(-1)$	-۰/۵۴۳۹۵	۰/۱۶۳۱۳	-۳/۳۳۴۵	(۰/۰۰۳)

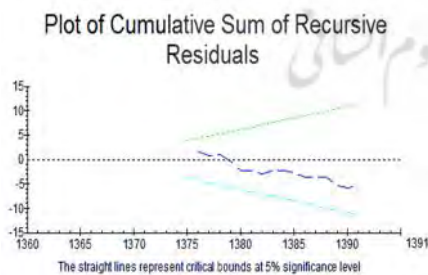
منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس اطلاعات جدول (۵)، تمامی ضرایب الگوی تصحیح خطا به جز آزادسازی تجاری با احتمال بیش از ۹۵ درصد معنی دار هستند و علامت تمامی متغیرها، انتظارات تئوریک و اقتصادسنجی را برآورده می‌کند. همانند ضرایب مدل بلندمدت، ضرایب مدل تصحیح خطا نیز گویای کشش هستند. کشش انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به آزادسازی تجاری، تولید برق، مصرف کل فرآورده‌های نفتی، مصرف گاز طبیعی و سرمایه‌گذاری داخلی ۰/۰۲۸، ۰/۳۸، ۰/۰۳۳، ۰/۲۲ و ۰/۰۵۳ که نشان می‌دهد در کوتاه مدت با یک درصد افزایش در هر یک از متغیرهای فوق میزان انتشار دی‌اکسید کربن را به میزان داخلی ۰/۰۲۸، ۰/۳۸، ۰/۰۳۳، ۰/۲۲ و ۰/۰۵۳ درصد افزایش می‌یابد. درآمد ملی، یک واحد افزایش یابد، انتشار دی‌اکسید کربن بیش از یک واحد (۷/۱۶) افزایش می‌یابد. همچنین علامت ضریب جمله تصحیح خطا مطابق انتظار، منفی است که نشان می‌دهد عدم تعادل‌ها در کوتاه مدت تعدیل می‌شود تا رابطه تعادلی بلندمدت ایجاد شود. مقدار این ضریب ۰/۵۴ است که به معنی تعدیل ۰/۵۴ درصدی هر دوره تا برقراری تعادل بلندمدت است.

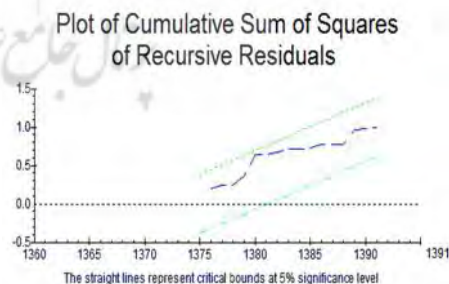
### ۳-۵- بررسی ثبات ساختاری ضرایب الگو

نتایج آزمون‌های (CUSUM) و (CUSUMQ) برای بررسی ثبات ضرایب برآورد شده و آزمون پایداری ضرایب کوتاه و بلندمدت در طول زمان در نمودارهای (۲) و (۳) آورده شده است. با توجه به اینکه در هر دو آزمون، آماره‌ها در داخل فواصل اطمینان ۹۵ درصد قرار دارند، فرض صفر مبنی بر ثبات ضرایب، پذیرفته شده و در سطح معنی‌داری ۵ درصد نتایج به دست آمده قابل اتکا و معتبر هستند.

نمودار (۳): آزمون ثبات ساختاری CUSUM



نمودار (۲): آزمون ثبات ساختاری CUSUMQ



## ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی

بر اساس ضرایب به دست آمده، نتیجه می‌شود انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به درآمد ملی باکاهش و نسبت به آزادسازی تجاری، تولید برق، مصرف کل فرآورده‌های نفتی، مصرف گاز طبیعی و سرمایه‌گذاری داخلی بی‌کاهش است. از این رو، رشد اقتصادی تاثیر بیشتری نسبت به سایر متغیرها بر آلودگی و انتشار دی‌اکسید کربن می‌گذارد. بنابراین، افزایش رشد اقتصادی بیشترین مشکل را در ارتباط با آلودگی محیط‌زیست به ویژه در بلندمدت ایجاد می‌کند و تهدید بیشتری برای محیط‌زیست محسوب می‌شود، اما افزایش آزادسازی تجاری، تولید برق، مصرف گاز طبیعی، مصرف کل فرآورده‌های نفتی و سرمایه‌گذاری داخلی مشکل چندانی نسبت به درآمد ملی ایجاد نمی‌کند. همچنین مقایسه نتایج بلندمدت و کوتاه‌مدت نشان می‌دهد رشد اقتصادی در بلندمدت تاثیر بیشتری بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد و تاثیر سایر متغیرها در کوتاه‌مدت و بلندمدت مشابه همدیگر است.

طبق ضرایب حاصل از برآورد رابطه بلندمدت نتیجه می‌شود منحنی زیست‌محیطی کوزنتس طی دوره مورد بررسی تا اندازه‌ای فرم مورد انتظار را داشته و شکل U وارون را به طور کامل نشان نمی‌دهد. از آنجا که مقدار عددی مجذور درآمد ملی آن در مقایسه با مقدار توان اولش بسیار کوچک‌تر است، تقعر لازم در منحنی کوزنتس ایجاد نمی‌شود. از این رو، فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در ایران به طور کامل مورد تایید نیست. این به آن معنی است که طی سال‌های گذشته رشد تکنولوژی به‌اندازه‌ای نبوده که بتواند بر انتشار دی‌اکسید کربن تاثیری کاهنده کامل داشته باشد. در واقع همین معنی دار بودن ضریب توان دوم درآمد ملی می‌تواند نشان‌دهنده شروع ارتباط معکوس، اما بسیار ضعیف بین درآمد ملی و انتشار دی‌اکسید کربن طی دوره مورد بررسی باشد.

یافته‌های این پژوهش با مطالعات تجربی صورت گرفته در این زمینه نظیر مطالعات یانگ و همکاران (۲۰۱۴)، بیک و کیم (۲۰۱۳)، احمد و همکاران (۲۰۱۲)، برقی اسگویی (۱۳۸۷)، ابریشمی و مصطفایی (۱۳۸۰)، محمد باقری (۱۳۸۹)، حسینی نسب و پاکبازی (۱۳۹۱) همسو و سازگار است.

### پیشنهادهای سیاستی

- طبق نتایج این مقاله، تاثیر رشد اقتصادی (درآمد ملی) بر انتشار دی‌اکسید کربن بیشتر از تاثیر سایر متغیرها است و با توجه به اهمیت رشد اقتصادی توأم با توسعه پایدار، لازم است به موازات رشد اقتصادی، جهت کاهش بیشتر میزان آلودگی با وضع قوانین و استانداردهای زیست محیطی همچون اعمال مالیات بر آلودگی، تولیدکنندگان به ویژه تولیدکنندگان صنعتی را مجبور به استفاده از فناوری‌های کند که آلودگی کمتری را ایجاد کرده و یا آلودگی ایجاد شده را کاهش دهند.

- با افزایش محدودیت‌های تجاری نظیر افزایش تعرفه از ورود صنایع آلاینده خودداری شود. اگر هدف کاهش آلودگی باشد با تغییر ترکیب کالاهای تجاری کشور به سمت کالاهایی که آلودگی کمتری در فرایند تولید ایجاد می‌کنند، می‌توان به طور قابل توجهی از انتشار آلودگی شود پیشگیری کرد و دولت می‌تواند هر دو سیاست تجاری و زیست محیطی را به نحوی منطقی با هم ترکیب کند به گونه‌ای که منافع حاصل از گسترش تجارت همراه با حفاظت از محیط‌زیست تامین شود.

- ایجاد انگیزه برای استفاده بیشتر از صنایع پاک از طریق پرداخت یارانه توسط دولت به تولیدکنندگان و نیز از طریق بهبود بخش تحقیق و توسعه، می‌توان زمینه‌های جایگزینی تکنولوژی‌های پاک و سازگار با محیط‌زیست را با تکنولوژی‌های مخرب و آلاینده با کمترین هزینه فراهم کنند.

- در صنعت برق، اصلاح و ارتقای تکنولوژی نیروگاه‌های تولید برق به منظور افزایش کارایی فنی و اقتصادی آنها و نیز به منظور کاهش میزان انتشار گازهای آلاینده (از جمله دی‌اکسید کربن) و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با آلودگی کمتر، ضروری است. به عنوان مثال، می‌توان انرژی برق بادی را جایگزین انرژی برق تولیدی از نیروگاه سوخت فسیلی کرد که موجب کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود.

- با توجه به نتایج به دست آمده، مصرف انرژی فسیلی (کل فرآورده‌های نفتی) از عوامل موثر بر آلودگی محیط‌زیست است، از این رو، می‌توان سیاست کاهش مصرف انرژی فسیلی را به عنوان راهکار کاهش آلودگی پیشنهاد کرد. البته با توجه به نقش مصرف انرژی به عنوان نهاده تولیدی در رشد اقتصادی، کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی تنها راه تضمین سطح مطلوب کیفیت محیط‌زیست همگام با سطح مطلوبی از رشد اقتصادی نیست. بنابراین، با در نظر گرفتن

اثر تکنولوژی می‌توان ارتقای فناوری استفاده از انرژی‌های فسیلی در جهت افزایش کارایی انرژی، کاهش آلودگی و اصلاح قیمت حامل‌های انرژی را مطرح کرد. - مصرف گاز طبیعی از عوامل موثر بر انتشار آلودگی محیط‌زیست است. با توجه به اینکه گاز طبیعی آلودگی کمتری نسبت به دیگر متغیرها ایجاد می‌کند، می‌توان سیاست استفاده بیشتر از گاز طبیعی که یکی از ارزان‌ترین و به نسبت پاک‌ترین منابع انرژی جهان است - به ویژه در اقتصادهای در حال رشد که سهم بالایی در آلاینده‌گی دارند - پیشنهاد کرد.

## ۷- منابع

### الف - فارسی

- ابریشمی، حمید و آذر مصطفایی (۱۳۸۰)، «بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف فرآورده‌های عمده نفتی در ایران»، *مجله دانش و توسعه*، شماره ۱.
- اصغری، مریم و سمیه سالارنظر رفسنجانی‌پور (۱۳۹۲)، «تاثیر سرمایه‌گذاری خارجی مستقیم بر کیفیت محیط‌زیست کشورهای منتخب حوزه منا»، *فصلنامه تحقیقات توسعه اقتصادی*، شماره ۹، صص ۳۰-۱.
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (سال‌های مختلف)، بانک اطلاعات سری‌های زمانی. برقی‌اسگوی، مهدی (۱۳۷۸)، «آثار آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای: دی‌اکسید کربن»، *مطالعات و پژوهشگاه جهاد دانشگاهی*.
- برهمنندزاده، دانیال و زهرا رضایی‌قهرودی (۱۳۹۳)، «بررسی‌های فرآورده نفتی و گاز در بخش مختلف طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۰»، *نشریه آمار*، شماره ۷.
- پژویان، جمشید و نیلوفر مرادحاصل (۱۳۸۶)، «بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا»، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، سال هفتم، شماره ۴، صص ۱۶۰-۱۴۱.
- ترازنامه انرژی سال (۱۳۹۱)، تهران وزارت نیروی معاونت امور انرژی.
- حسینی‌نسب، ابراهیم و سمیه پاکبازی (۱۳۹۱)، «بررسی تاثیر رشد اقتصادی و آزادسازی تجاری بر آلودگی محیط‌زیست»، *مجله اقتصادی*، دو ماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی، شماره‌های ۹ و ۱۰، صص ۸۲-۶۱.
- سعیدی، محسن، عبدالرضا کرباسی، تیکا سهراب و رضا صمدی (۱۳۸۴)، *مدیریت زیست‌محیطی نیروگاه‌ها*، وزارت نیرو، سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، چاپ اول.



### اثر رشد اقتصادی و مصرف انرژی بر آلودگی ... ۱۲۳

شرزه‌ای، غلامعلی و مجید حقانی (۱۳۸۸)، «بررسی رابطه علی میان انتشار کربن و درآمد داخلی با تاکید بر نقش مصرف انرژی»، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۶.

صادقی، حسین، مهسا نوری شیرازی و کاظم بیابانی خامنه (۱۳۹۳)، «نقش تولید برق از منابع تجدیدپذیر در کاهش گازهای گلخانه‌ای: یک رویکرد اقتصادسنجی»، *نشریه انرژی ایران*، دوره ۱۷، شماره ۳.

متفکر آزاد، محمدعلی و رباب محمدی خانقاهی (۱۳۹۱)، «بررسی اثرات رشد اقتصادی، مصرف انرژی و درجه باز بودن تجاری بر کیفیت محیط زیست در ج.ا. ایران»، *فصلنامه اقتصاد و محیط زیست انرژی*، سال اول، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۱، صص ۱۰۶-۸۹.

فطرس، محمدحسن و معصومه امامی (۱۳۹۰)، «بررسی عوامل موثر بر سرمایه گذاری مستقیم خارجی در ایران با تاکید بر اثر حق ثبت اختراع»، *مجله اقتصادی - ماهنامه بررسی مسائل و سیاست های اقتصادی*، شماره ۱۲، صص ۷۲-۵۳.

مبارک، اصغر و نویده محمدلو (۱۳۸۸)، «بررسی اثر آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای»، *نشریه برنامه ریزی و بودجه*، شماره ۱۰۸، صص ۵۸-۳۱.

محمدباقری، اعظم (۱۳۸۹)، «بررسی روابط کوتاه مدت و بلندمدت بین تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن در ایران»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال ۷، شماره ۲۷، صص ۱۲۹-۱۰۱.

محمودی، نیلوفر و ناصر شاهنوشی (۱۳۹۱)، «سرمایه گذاری، مصرف انرژی و آلودگی در کشورهای در حال توسعه»، هشتمین همایش دو سالانه اقتصاد کشاورزی ایران (کشاورزی پایدار و امنیت غذایی و توسعه پایدار).

نشریه آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیران (۱۳۹۳)، شرکت مادر تخصصی توانیر، شماره ۱.

نشریه خبری مدیریت و پژوهش فناوری (۱۳۹۳)، «گزارش پنجمین سمینار علمی مدیریت و پژوهش فناوری با موضوع مقاوم سازی»، سال هفتم، شماره ۱۱۲، صص ۱۵.

### ب- انگلیسی

Beak .J.kim.h.(2013), "Is Economic Growth Good or bad for the Environment? Empirical evidence from Korea", *Energy Economics*, Vol. 36, issue C, pp. 744-749.

- Beckerman, W. (1992), "Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment?", *World Development*, Vol. 20, pp. 481-496.
- Coondoo, D. and S. Dinda (2008), "Carbon Dioxide Emission and Income: A Temporal Analysis of Cross-country Distributional Patterns", *Ecological Economic*, Vol. 65, pp. 375-385.
- Heli Arminen and Pendo Kiviyiro (2014), "Carbon Dioxide Emissions, Energy Consumption, Economic Growth and Foreign Direct Investment: Causality Analysis for Sub-Saharan Africa", *Journal Energy*, Vol. 74, issue 6, pp. 4870-4875.
- Ilhan Ozturk and Ali Acaravci (2013), "The Long-run and Causal Analysis of Energy, Growth, Openness and Financial Development on Carbon Emissions in Turkey", *Journal Energy Economics*, Vol. 36, issue 6, pp. 262-263.
- Khalid Ahmed and Wei Long (2012), "Environmental Kuznets Curve and Pakistan: An Empirical Analysis", *Journal Procedia Economics and Finance*, Vol. 1, issue 5, pp. 4-13.
- Selden, T. M. and D. Song (1994), "Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution?", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 27, pp. 147-162.
- Stern, D.I. (1998), "Progress on the Environmental Kuznets Curve?", *Environment and Development Economics*, issue 3, pp. 173-196.
- S.S. Wang, D.Q. Zhou, P. Zhou and Q. W. Wang (2011), "CO<sub>2</sub> Emissions; Energy and Consumption Economic Growth in China: A Panel Data Analysis", *Journal Economic Modelling*, Vol. 39, issue 3, pp. 4870-4875.
- Ugur Soytaş, Ramazan Sari and Bradley T. Ewing (2007), "Energy Consumption, Income and Carbon Emissions in the United States", *Journal Ecological Economics*, Vol 62, issue 7, pp. 482-489.
- World Bank (2014), *World Development Indicators*, The World Bank.

## The Effects of Economic Growth and Energy Consumption on Environmental Pollution: A Case Study of Iran

Masoud Nonejad<sup>1</sup>  
Anahita Roozitalab<sup>2</sup>

Received: 20/08/2016

Accepted: 12/03/2018

### Abstract

Most economic activities inevitably use natural resources and at the same time by releasing waste material which is a result of production activities, imposes pressures on the natural ecosystem. In this study it has been attempted to investigate the relations between carbon dioxide emissions and national income variables, trade liberalization, electricity generation, total consumption of petroleum products, natural gas consumption and domestic investment in the form of Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis by applying time series data of Iran's economy during the time period of (1979-2010) and by adopting Auto Regressive Distributed Lag (ARDL) method. This shows that environmental hypothesis and Kuznets Curve are partly approved in Iran. In order to accomplish this issue thoroughly, standard growth and perfect technology in production is required. The results of this study indicate that increase in national income, trade liberalization, electricity generation, total consumption of petroleum products, natural gas consumption and domestic investment have a positive and significant effect on carbon dioxide emission. Moreover, it has been found that chi-income has a negative, however, more insignificant, compared to income, on environmental pollution.

**Keywords:** Trade Liberalization, Electricity Generation, Domestic Investment, Environmental Kuznets Curve, ARDL Model

**JEL classification:** Q43, Q49, Q56, Q53

---

1- Associate Professor of Economics, Faculty of Economics and Management, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, Iran,  
Email: mnonejad.iaushiraz@yahoo.com

2- Master's Degree, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, Iran. Corresponding Author  
Email: ana.roozitalab@gmail.com