

## تحلیل تجربی فشارهای زیست‌محیطی تولید ناخالص داخلی در ایران

داود بهبودی<sup>۱</sup>

اسماعیل برزگری دین‌آباد<sup>۲</sup>

### چکیده

واکنش دوسویه رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست به همدیگر، موضوع بحث‌برانگیزی است که از دهه ۱۹۹۰ مورد توجه قرار گرفته است. فشار بر محیط‌زیست به واسطه فعالیت‌های بشری نه تنها از جنبه زیست‌محیطی اهمیت دارد، بلکه از نظر اقتصادی نیز مهم است. در ایران به دلیل وجود منابع انرژی فراوان در استفاده از آنها برای انجام فعالیت‌های اقتصادی اتلاف و اسراف وجود دارد که این امر منجر به افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود و از طرفی استفاده بیش از حد از منابع انرژی خود نوعی فشار بر منابع طبیعی و محیط‌زیست به حساب می‌آید. در این مطالعه رابطه بین مصرف انرژی به‌عنوان شاخصی برای فشار زیست‌محیطی و تولید ناخالص داخلی سرانه به عنوان شاخصی برای فعالیت‌های اقتصادی در قالب فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۸ ایران به روش هم‌انباشتی جوهانسن - جوسلیوس مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که رابطه بین فشارهای زیست‌محیطی تولید ناخالص داخلی سرانه در ایران به صورت L و وارون است و در دوره مورد بررسی در منطقه ابتدایی منحنی زیست‌محیطی کوزنتس و قبل از سطح آستانه قرار دارد. از این رو توصیه سیاستی این مقاله اتخاذ سیاست‌های رشد سریع اقتصادی است که هم به افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه منجر می‌شود و هم با عبور از سطح آستانه، در آینده کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی را سبب می‌شود. البته تا زمانی که اقتصاد هنوز در منطقه اولیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس قرار دارد سیاست‌گذاران بایستی در کوتاه‌مدت سیاست‌هایی اتخاذ کنند که پیامدهای خارجی منفی را کاهش دهد.

**واژگان کلیدی:** منحنی زیست‌محیطی کوزنتس، فشار زیست‌محیطی، رشد اقتصادی، هم‌انباشتی جوهانسن - جوسلیوس، ایران. **طبقه‌بندی JEL:** Q56, Q51, C22

## مقدمه

ارتباط بین فعالیتهای اقتصادی و محیط‌زیست از مسائل مهم و پیچیده است. فشار بر محیط‌زیست به واسطه فعالیتهای بشری یکی از مسائل مهم جهانی است که بسیاری از کشورها با آن روبه‌رو هستند. این موضوع نه تنها از جنبه زیست‌محیطی اهمیت دارد بلکه از نظر اقتصادی نیز مهم است چرا که فعالیتهای اقتصادی ممکن است رفاه و حیات درازمدت انسان‌ها را تحت تأثیر قرار دهد.

در دهه‌های اخیر، خطرات و آسیب‌های زیست‌محیطی بیشتر نمایان شده است. این آسیب‌ها ناشی از تأثیر عواملی همچون رشد جمعیت، رشد اقتصادی، مصرف انرژی، شهرنشینی و فعالیتهای صنعتی است. هر چند مصرف انرژی، یکی از الزامات اساسی تمامی فعالیتهای اقتصادی و اجتماعی است، ولی استفاده بی‌رویه از آن آسیب‌های زیست‌محیطی فراوانی ایجاد کرده است. در ایران به‌واسطه وجود ذخایر عظیم سوخت‌های فسیلی، به صرفه‌جویی و ائتلاف در مصرف انرژی توجه جدی نشده است (لطفعلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۵۲) و عملاً یکی از مصادیق الگوی رشد با فشار منابع طبیعی محسوب می‌شود (بهبودی و همکاران، ۱۳۷۷: ۱). براساس گزارش‌های سازمان ملی بهره‌وری ایران، شدت استفاده از انرژی در ایران تقریباً دو برابر متوسط جهانی است (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۸: ۱۴)؛ که این به معنای افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای، افزایش آلودگی هوا، تولید زباله‌های صنعتی و در نتیجه افزایش فشارهای زیست‌محیطی است. از این رو توجه به این امر، به‌ویژه به‌علت بروز آثار زیست‌محیطی ناهنجار ناشی از مصرف انرژی امری ضروری است. با توجه به مسائل ذکر شده این سؤال مطرح می‌شود که تأثیر فعالیتهای اقتصادی بر فشارهای زیست‌محیطی چگونه است؟ پاسخ به این سؤال می‌تواند راهکارهایی برای کاهش فشارهای زیست‌محیطی ناشی از فعالیتهای اقتصادی به دست دهد.

طی سال‌های اخیر مطالعات متعددی در خارج و داخل کشور در این زمینه انجام شده که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود:

سویتاش<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۷: ۴۸۶)، رابطه بین مصرف انرژی، درآمد و انتشار کربن در آمریکا را بررسی کردند. در این مطالعه آن‌ها علاوه بر متغیرهای مذکور، دو مورد متغیر نیروی انسانی و سرمایه به‌عنوان نهاده‌های تولید، در مدل وارد کرده‌اند. آن‌ها نتیجه گرفتند که رابطه مثبتی بین انتشار کربن و مصرف انرژی وجود دارد، درحالی‌که چنین رابطه‌ای را بین درآمد و انتشار کربن نیافتند.

عالم<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۷: ۸۳۳)، به بررسی تأثیر عوامل تعیین‌کننده آلودگی محیط‌زیست در پاکستان طی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۷۱ پرداختند. یافته‌های اصلی این تحقیق بیانگر این است که افزایش در تولید ناخالص داخلی و شدت استفاده از انرژی، سبب آلودگی محیط‌زیست شده است.

زیلیو<sup>۵</sup> و همکار (۲۰۱۱: ۱۱۶۱)، با استفاده از مدل داده‌های تابلویی، رابطه بین رشد اقتصادی و تخریب زیست‌محیطی را برای ۲۱ کشور آمریکای لاتین و منطقه کاراییب طی دوره ۲۰۰۷-۱۹۷۰ بررسی کردند. در این مطالعه، انرژی مصرف‌شده به‌عنوان شاخصی برای فشار زیست‌محیطی انسانی و تولید ناخالص داخلی سرانه به‌عنوان شاخصی برای فعالیت‌های اقتصادی در نظر گرفته شده است. بر اساس نتایج آن وجود رابطه بلندمدت بین رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی برای نمونه انتخاب‌شده طی دوره مورد بررسی، تأیید نمی‌شود.

با نگاهی به مطالعات اخیر در داخل نیز می‌توان به اهم آن‌ها در سال‌های اخیر اشاره نمود:

پورکاظمی و همکار (۱۳۸۷)، با استفاده از داده‌های سیزده کشور خاورمیانه طی سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۸۰، به بررسی منحنی زیست‌محیطی کوزنتس پرداخته‌اند آن‌ها از میان آلاینده‌های مختلف، CO<sub>2</sub> را به‌عنوان آلاینده‌ای انباره‌ای برای آزمون فرضیه تحقیق برگزیده‌اند. نتایج دال بر تأیید برقراری منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در نمونه مورد بررسی است.

---

3- Soytas

4- Alamandl

5- zilio

بهبودی و همکار (۱۳۸۷)، به بررسی اثرات زیست‌محیطی مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۴۶ به روش آزمون هم‌انباشتگی جوهانسن-جوسلیوس پرداختند که بر اساس نتایج این تحقیق، یک درصد افزایش در شدت استفاده از انرژی باعث افزایش ۰/۹۲ درصدی انتشار سرانه گاز دی‌اکسید کربن و آلودگی محیط‌زیست شده است. همچنین با افزایش یک درصدی تولید ناخالص داخلی سرانه، انتشار سرانه گاز دی‌اکسید کربن به میزان ۱/۳۱ درصد افزایش داشته است.

بهبودی و همکاران (۱۳۸۸)، عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر انتشار سرانه دی‌اکسید کربن در ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه رابطه بین مصرف انرژی (شدت استفاده از انرژی)، رشد اقتصادی و انتشار سرانه دی‌اکسید کربن، به‌عنوان معیاری برای آلودگی محیط‌زیست طی دوره زمانی ۱۳۸۳-۱۳۴۶ با استفاده از روش هم‌انباشتگی جوهانسن - جوسلیوس و مدل تصحیح خطای برداری (VCEM) بررسی شد و نتایج حاصل از این مطالعه، نشان‌دهنده وجود رابطه مثبت بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی، آزادسازی تجاری، جمعیت شهرنشین و انتشار سرانه گاز دی‌اکسید کربن در ایران است.

دهقانی (۱۳۸۸)، اثر تجارت بین‌الملل بر محیط‌زیست در اقتصادهای نفتی طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۰ با استفاده از روش داده‌های تابلویی را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. وی در مطالعه خود مصرف سرانه انرژی را به‌عنوان شاخص تخریب زیست‌محیطی گرفته است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که اثر باز بودن تجاری بر محیط‌زیست در اقتصادهای نفتی مثبت است؛ اما با تفکیک نمونه مورد بررسی این اثر برای کشورهای عضو اپک منفی و برای کشورهای غیرعضو اپک مثبت است و لذا اثر باز بودن تجاری بر محیط‌زیست به نمونه مورد بررسی و سید کالاهای تجاری بستگی دارد.

محمدباقری (۱۳۸۹)، روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن، به‌عنوان شاخصی برای آلودگی محیط‌زیست در ایران در طول سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۶۵ با استفاده از روش اقتصادسنجی خود رگرسیون با وقفه‌های

توزیعی (ARDL) مورد بررسی قرار داد. بر اساس نتایج این مطالعه، فرضیه U وارون منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در شرایط ایران مورد تأیید قرار نمی‌گیرد.

برای بررسی رابطه بین فعالیت‌های اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی مطالعات زیادی انجام شده است که در اکثر مطالعات، فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس تأیید شده است. مرور مطالعات داخلی نیز نشان می‌دهد، اکثر مطالعات انجام‌گرفته بین کشوری است درحالی‌که نتایج حاصل از مطالعات بین کشوری را به راحتی نمی‌توان به یک کشور تعمیم داد؛ زیرا که نتایج حاصل از چنین مطالعاتی تنها برای کل نمونه مورد بررسی قابل تفسیر است. همچنین در مواردی نیز که در سطح ملی انجام شده، از داده‌های کلان کشور در مطالعات داخلی استفاده شده تنها آلودگی هوا آن هم انتشار گاز دی‌اکسید کربن به‌عنوان شاخص آلودگی زیست‌محیطی در نظر گرفته شده است. درحالی‌که علاوه بر اینکه آلودگی هوا فقط منوط به میزان انتشار دی‌اکسید کربن نیست آلودگی محیط‌زیست ابعاد دیگری از قبیل آلودگی خاک و آب نیز دارد از این رو برخی از صاحب‌نظران به‌ویژه زیلو و همکار (۲۰۱۱) بیان می‌کنند که مصرف انرژی شاخص مناسب‌تری برای فشار زیست‌محیطی است. لذا با در نظر گرفتن ملاحظات مورد اشاره، و متمایز از اغلب مطالعات داخلی، در این مطالعه از مصرف انرژی به‌عنوان شاخصی برای فشار زیست‌محیطی استفاده شده است.

### مبانی نظری

ارتباط بین فعالیت‌های اقتصادی و کیفیت زیست‌محیطی در بستر زمانی بلندمدت می‌تواند به صورت مستقیم، معکوس و یا ترکیبی از هر دو باشد. رویکرد اول یعنی ارتباط معکوس بین فعالیت‌های اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست، به این معنی است که اصولاً فعالیت اقتصادی و در نتیجه افزایش تولید و مصرف، خواه‌ناخواه نیازمند مواد اولیه و انرژی بیشتر به‌عنوان نهاده‌های تولید است و متقابلاً افزایش تولید، افزایش آلودگی و تخریب زیست‌محیطی را به همراه دارد. در سوی دیگر این طیف، رویکرد دوم یعنی ارتباط مستقیم بین فعالیت‌های اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست وجود دارد. اصولاً سطح بالاتری از درآمد ناشی از توسعه

فعالیت‌های اقتصادی، باعث افزایش تقاضا برای کالاهای پاک و کمتر آلاینده می‌شود؛ همچنین افزایش درآمد باعث افزایش تقاضای کالاهای عمومی از جمله کیفیت محیط‌زیست می‌شود. رویکرد سوم که از اوایل دهه ۱۹۹۰ مطرح شد، بین فعالیت اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی رابطه‌ای به صورت U وارون مطرح نموده که به فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس<sup>۶</sup> (EKC) معروف شده است. در این فرضیه، در مراحل ابتدایی رشد اقتصادی، تخریب زیست‌محیطی و رشد اقتصادی رابطه مثبت دارند و لیکن در سطوح بالای تولید ناخالص داخلی، همراه با رشد اقتصادی، تخریب محیط‌زیست کاهش می‌یابد (پژویان و همکار، ۱۳۸۶: ۱۴۴-۱۴۳).

به‌طور خلاصه می‌توان، دلایل و مکانیزم‌های کاهش انتشار آلاینده‌ها را به‌واسطه رشد اقتصادی (نظریه EKC) در چهار قالب زیر عنوان کرد:

کیفیت محیط‌زیست و بهبود آن، از دیدگاه اقتصاد خرد، کالای لوکس محسوب می‌شود، بنابراین، در سطوح درآمدی بالا مورد تقاضا قرار می‌گیرد ((Panayotou (1993) به نقل از سعادت و همکار، ۱۳۸۳: ۱۶۷).

تغییر در ترکیب کالاهای تولیدی و به‌ویژه گرایش به اقتصاد خدماتی، آلودگی کمتری به دنبال دارد. به‌عبارت‌دیگر در سطوح پایین‌تر درآمدی، روند غالب، حرکت از کشاورزی به صنعت است که نتیجه آن افزایش شدت آلودگی است، اما در سطوح بالای درآمدی، روند غالب حرکت از صنعت به خدمات است که باعث کاهش شدت آلودگی می‌شود ((Panayotou (1993) به نقل از سعادت و همکار، ۱۳۸۳: ۱۶۷).

با بهبود تکنولوژی و استفاده از فناوری‌های جدید، توابع تولید احتیاج کمتری به کالای زیست‌محیطی خواهند داشت. همچنین بهبود تکنولوژی می‌تواند در برخی صنایع به کاهش آلودگی منجر شده و باعث شود که این صنایع به‌نحو کاراتری عمل کرده و با هزینه‌های

کمتری نسبت به دفع آلودگی اقدام کنند. از این رو بهبود تکنولوژی، کاهش شدت انتشار آلودگی است (Dinda (2005)، به نقل از لشکری‌زاده، ۱۳۸۹: ۱۷۳).

در سطوح پایین فعالیت اقتصادی، قوانین مبارزه با آلودگی تقریباً غیرکارا بوده و اثر کمی روی کاهش آلودگی دارند؛ زیرا تنظیم یک سیستم قانونمند برای ارتقای کیفیت محیط‌زیست و کاهش آلودگی، نیازمند هزینه است؛ درحالی‌که در سطوح بالای درآمدی و پس از رسیدن اقتصاد به آستانه درآمدی، شدت انتشار آلودگی کاهش می‌یابد (Copeland (2004) به نقل از لشکری‌زاده، ۱۳۸۹: ۱۷۳).

### مواد و روش‌ها

هدف اصلی این تحقیق بررسی فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در مورد ایران طی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۸ است. برای نیل به این هدف مذکور، بر اساس مبانی نظری و مطالعات تجربی صورت گرفته در مورد موضوع تحقیق، مدل مورد استفاده در این تحقیق برگرفته از مطالعه زیلیو و همکار (۲۰۱۱) است که به‌صورت زیر است:

$$\text{lenp} = c_0 + c_1 \text{lgdpp} + c_2 \text{lgdpp}^2 \quad (1)$$

که در این مطالعه با افزودن درجه باز بودن تجاری، سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی و متغیرهای مجازی مدل به‌صورت زیر تصریح شده است:

$$\text{lenp} = c_0 + c_1 \text{lgdpp} + c_2 \text{lgdpp}^2 + c_3 \text{ltr} + c_4 \text{lavi} + c_5 \text{Du} + c_6 \text{Du}_1 + \varepsilon_t \quad (2)$$

در روابط فوق، متغیرهای مورد استفاده به‌شرح زیر می‌باشند و مقادیر مربوط در جدول پیوست انتهای مقاله آورده شده است.

gdpp: تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ بر حسب هزار ریال

Enp: مصرف نهایی سرانه انرژی بر حسب بشکه نفت خام

tr: درجه باز بودن تجاری (نسبت مجموع صادرات و واردات به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶

به تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶) بر حسب درصد

avi: سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی

Du: متغیر مجازی سال‌های جنگ (برای سال‌های ۱۳۶۷-۱۳۵۹ مقدار ۱ و برای سایر سال‌های دوره زمانی مقدار صفر در نظر گرفته شده است).

Du<sub>1</sub>: متغیر مجازی انقلاب (عدد ۱ برای سال‌های ۱۳۵۹-۱۳۵۷ و برای سایر سال‌های دوره زمانی مقدار صفر در نظر گرفته شده است).

$\varepsilon_t$ : بردار جملات اختلال مدل.

در خصوص دلایل استفاده از مصرف انرژی فسیلی به‌جای شاخص فشار زیست‌محیطی در این مطالعه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- افزایش ارزش افزوده صنعت بدون استفاده از منابع انرژی میسر نیست، لیکن افزایش استفاده بی‌رویه از مواد معدنی و سوخت‌های فسیلی به‌منظور افزایش تولیدات صنعتی، منجر به تخریب زیست‌محیطی و افزایش آلودگی‌های سمی و زباله‌های صنعتی می‌گردد که همه این آلودگی‌ها را نمی‌توان به‌وسیله انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان داد.

- استفاده از منابع انرژی منجر به تولید گازهای گلخانه‌ای می‌شود ولی بخشی از این گازها توسط گیاهان و درختان جذب می‌شود و لذا نمی‌توان مقدار واقعی گازهای گلخانه‌ای را اندازه‌گیری نمود.

- آلودگی زیست‌محیطی فقط به مفهوم آلودگی هوا نیست که توسط گازهای گلخانه‌ای اندازه‌گیری می‌شود بلکه آلودگی‌هایی مانند آلودگی آب و خاک و ... را نیز شامل می‌شود.

برای بررسی ایستایی و نا ایستایی متغیرهای اقتصادی در طول زمان از آزمون‌های دیکی فولر تعمیم‌یافته (ADF) و فیلیپس پرون (PP) به‌عنوان متداول‌ترین روش‌های آزمون ایستایی متغیرهای سری زمانی استفاده می‌شود (نو فرستی، ۱۳۷۸: ۴۰-۵۰).

از دیگر مسائل مهم در تعیین روابط هم‌انباشتگی بین متغیرهای سری زمانی و برآورد الگوی تصحیح خطای برداری (VECM) مربوط به آن متغیرها، مشخص کردن طول وقفه‌های بهینه آن‌هاست که باید در الگو وارد شود تا اطمینان حاصل شود که جملات خطا خصوصیات



کلاسیک-همبستگی پیاپی ندارند. معیارهای مختلفی برای انتخاب طول وقفه بهینه وجود دارد که می‌توان به معیار آکائیک (AIC)، معیار حنان- کوئین (HQC) و معیار شوارتز-بیزین (SBC) اشاره کرد. از معیارهای اشاره شده، معیار شوارتز-بیزین برای حجم نمونه‌های کوچک و معیارهای دیگر برای حجم نمونه‌های بزرگ کاربرد دارند (نوفرستی، ۱۳۸۷: ۱۳۰).

هرچند شرط ایستایی متغیرهای سری زمانی یک رابطه رگرسیونی را می‌توان از طریق تفاضل گیری تأمین کرد ولی برای حفظ اطلاعات بلندمدت در رابطه با سطح متغیرها کار خاصی نمی‌توان کرد. به این منظور از روش هم‌انباشتگی (هم‌جمعی) استفاده می‌شود تا بتوان رگرسیونی را بدون هراس از کاذب بودن بر اساس سطح متغیرهای سری زمانی برآورد کرد (نوفرستی، ۱۳۸۷: ۷۵).

روش‌های متفاوتی برای آزمون هم‌انباشتگی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش انگل-گرنجر (EQ)، دوربین واتسون (CRDW) و جوهانسن- جوسلیوس اشاره کرد (نوفرستی، ۱۳۸۷: ۹۰-۷۶) که در این مقاله از روش جوهانسن- جوسلیوس استفاده شده است.

روش جوهانسن - جوسلیوس با یک مدل توزیع وقفه‌ای شروع می‌شود که می‌توان آن را به صورت زیر بیان کرد:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + U_t$$

که در آن  $Y_t$  یک بردار  $n$  متغیره،  $A_p$  ماتریس ضرایب و  $U_t$  بردار جملات اخلاص الگو است. در ادامه این روش معادله فوق به صورت یک مدل تصحیح خطای برداری (VECM) به صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$\Delta Y_t = B_1 \Delta Y_{t-1} + B_2 \Delta Y_{t-2} + \dots + B_{p-1} \Delta Y_{t-(p-1)} + \pi Y_{t-p} + \epsilon_t$$

$$B_t = -(I - A_1 - A_2 - \dots - A_p - 1)$$

$$\Pi = -(I - A_1 - A_2 - \dots - A_p)$$

در این حالت  $I$  ماتریس واحد خواهد بود و  $\Pi$  ماتریس مربع  $n \times n$  مرتبه  $r$  بوده، که  $r$  تعداد بردارهای هم‌انباشتگی است. حال دو ماتریس  $\alpha$  و  $\beta$  به نحوی تعریف می‌شود که  $\Pi = \alpha \beta$  باشد که در آن ماتریس  $\alpha$  مربوط به ضرایب تعدیل بلندمدت و  $\beta$  ماتریس ضرایب بلندمدت

تعادلی است (سطرهای ماتریس  $\beta$  تعداد بردارهای هم‌انباشته متمایز را تشکیل می‌دهد). برای تعیین تعداد بردارهای هم‌انباشته می‌توان از آماره‌های ماتریس اثر و حداکثر مقادیر ویژه استفاده کرد (نوفرستی، ۱۳۸۷: ۱۲۱-۱۱۷).

در این مطالعه برای آزمون ایستایی و نایستایی متغیرها و هم‌چنین مشخص نمودن مرتبه هم‌انباشته‌گی آن‌ها از آزمون‌های ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) و فیلیپس-پرون (PP) استفاده شده است. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، برای متغیرهای لگاریتم مصرف نهایی انرژی سرانه (Lenp)، لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه (Lgdp)، لگاریتم مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه (Lgdp2)، لگاریتم درجه باز بودن تجاری (Ltr) و لگاریتم سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی (Lavi)، فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد در سطح معنی‌داری پنج درصد را نمی‌توان رد کرد و لذا تمامی متغیرها در سطح نایستا هستند. آزمون ریشه واحد برای تفاضل مرتبه اول متغیرها انجام شده و با توجه به نتایج مندرج جدول (۲)، تمامی متغیرها با یک مرتبه تفاضل‌گیری ایستا شده‌اند. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که تمامی متغیرهای مدل انباشته از مرتبه اول هستند.

با توجه به این‌که مرتبه ایستایی متغیرهای مدل انباشته از درجه یک یعنی متغیرها  $I(1)$  می‌باشند، می‌توان از روش هم‌انباشته‌گی جوهانسن - جوسلیوس برای بررسی رابطه بلندمدت تعادلی بین متغیرها استفاده کرد. دلیل استفاده از روش هم‌انباشته‌گی جوهانسن - جوسلیوس نسبت به سایر روش‌های هم‌انباشته‌گی این است که این روش بیش از یک بردار هم‌انباشته‌گی بین متغیرهای مدل در نظر می‌گیرد. پس از تعیین مرتبه انباشته‌گی متغیرها، اولین قدم در روش جوهانسن، تعیین طول وقفه بهینه در الگوی VAR است. تعیین مرتبه بهینه VAR با در نظر گرفتن متغیر لگاریتم مصرف نهایی انرژی سرانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر متغیرها به‌عنوان متغیر مستقل انجام شده است. با توجه به ملاحظات حجم نمونه ۷،

۷- در این مطالعه با توجه به این‌که حجم نمونه مورد بررسی کم‌تر از ۱۰۰ می‌باشد، از ملاک تعیین وقفه بهینه سوارتز - بیژین برای تعیین وقفه بهینه مدل خود رگرسیون برداری (VAR) استفاده شده است.

برای تعیین طول وقفه از معیار شوارتز- بیزین استفاده شده و از این رو، برای برآورد روابط تعادلی بلندمدت از طول وقفه یک استفاده می‌گردد (جدول شماره ۳).

جدول (۱) نتایج آزمون ریشه واحد بر روی لگاریتم متغیرها

| متغیر | آزمون دیکی فولر تعمیم یافته ارزش احتمال (Prob.) |             | آزمون فیلیپس- پرون ارزش احتمال (Prob.) |             |
|-------|---|-------------|--|-------------|
|       | عرض از مبدا و روند                              | عرض از مبدا | عرض از مبدا و روند                     | عرض از مبدا |
| Lenp  | ۰/۰۶  | ۰/۲۴        | ۰/۳۷                                   | ۰/۱۵        |
| Lgdp  | ۰/۵۳  | ۰/۲۸        | ۰/۶۵                                   | ۰/۳۵        |
| Lgdp2 | ۰/۵۴  | ۰/۲۹        | ۰/۶۶                                   | ۰/۳۷        |
| Ltr   | ۰/۶۳  | ۰/۶۹        | ۰/۴۳                                   | ۰/۶۴        |
| Lavi  | ۰/۴۵  | ۰/۸۸        | ۰/۰۱                                   | ۰/۹۱        |

جدول شماره (۲) نتایج آزمون ریشه واحد بر روی تفاضل مرتبه اول لگاریتم متغیرها

| متغیر | آزمون دیکی فولر تعمیم یافته ارزش احتمال (Prob.) |             | آزمون فیلیپس- پرون ارزش احتمال (Prob.) |             |
|-------|---|-------------|--|-------------|
|       | عرض از مبدا و روند                              | عرض از مبدا | عرض از مبدا و روند                     | عرض از مبدا |
| Lenp  | ۰/۰۲  | ۰/۰۵        | ۰/۰۰                                   | ۰/۰۰        |
| Lgdp  | ۰/۰۵  | ۰/۰۱        | ۰/۰۱                                   | ۰/۰۱        |
| Lgdp2 | ۰/۰۴  | ۰/۰۱        | ۰/۰۱                                   | ۰/۰۱        |
| Ltr   | ۰/۰۰  | ۰/۰۰        | ۰/۰۰                                   | ۰/۰۰        |
| Lavi  | ۰/۰۰  | ۰/۰۰        | ۰/۰۰                                   | ۰/۰۰        |

جدول (۳) نتایج تعیین وقفه بهینه مدل VAR

| طول وقفه | مقدار آماره شوارتز- بیزین (SBC) | مقدار آماره خانان - کوئین (HQC) | مقدار آماره آکائیک (AIC) |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| ۰        | -۵/۱۹                           | -۵/۵۹                           | -۵/۸۲                    |
| ۱        | -۱۴/۰۷*                         | -۱۵/۱۵*                         | -۱۵/۷۶                   |
| ۲        | -۱۳/۱۳                          | -۱۴/۸۸                          | -۱۵/۸۷                   |
| ۳        | -۱۲/۵۱                          | -۱۴/۹۳                          | -۱۶/۳۱*                  |

گام بعدی آزمون هم‌انباشتگی، بررسی بودن یا نبودن رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرهای الگو و همچنین تعیین تعداد بردارهای هم‌انباشتگی است که با استفاده از دو آماره حداکثر مقادیر ویژه و آزمون اثر مورد بررسی قرار می‌گیرد. آزمون هم‌انباشتگی جوهانسن را به پنج طریق (از مقیدترین حالت تا نامقیدترین حالت) می‌توان انجام داد. برای پاسخ به این سؤال که کدام یک از پنج الگو را انتخاب کنیم، جواب ساده‌ای وجود ندارد. به هر حال جوهانسن پیشنهاد می‌کند که هر پنج الگو به ترتیب از مقیدترین تا نامقیدترین حالت برآورد شود. سپس فرضیه وجود هیچ بردار هم‌انباشتگی را به ترتیب در آن‌ها آزمون شود. اگر این فرضیه رد شد، در مرحله دوم فرضیه یک بردار هم‌انباشتگی را برای تمامی حالت‌ها بررسی می‌شود. این عمل زمانی متوقف می‌شود که فرضیه صفر رد شود. در فرایند در الگویی که فرضیه صفر رد نمی‌شود، آزمون هم‌انباشتگی را با آن الگو انجام می‌گردد (نوفرستی، ۱۳۸۷: ۱۴۱-۱۴۶). همان‌طوری که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، هر دو آزمون اثر و حداکثر مقادیر ویژه، الگوی دو یا سه را به عنوان بهترین الگو تعیین می‌کند. همچنین هر دو آزمون وجود یک بردار هم‌انباشتگی را مورد تأیید قرار می‌دهند. با توجه به نتایج هر دو آزمون، تنها یک رابطه تعادلی منحصربه‌فرد میان متغیرهای الگو، وجود دارد و چون الگوی دوم به سوم اولویت دارد، لذا از الگوی دوم برای برآورد رابطه هم‌انباشتگی میان متغیرهای تحقیق استفاده می‌شود.

جدول (۴) کمیت‌های آماره حداکثر مقدار ویژه و آماره اثر برای تعیین الگوی بردار هم‌انباشتگی

| الگوی ۵                        | الگوی ۴          | الگوی ۳          | الگوی ۲          | الگوی ۱          | فرضیه مخالف | فرضیه صفر  |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|------------|
| مقادیر آماره حداکثر مقدار ویژه |                  |                  |                  |                  |             |            |
| ۵۵/۶۹<br>(۳۷/۱۶)               | ۵۶/۴۸<br>(۳۸/۳۳) | ۴۲/۴۹<br>(۳۳/۸۷) | ۴۷/۶۶<br>(۳۴/۸۰) | ۳۴/۲۲<br>(۳۰/۴۴) | $r = 1$     | $r = 0$    |
| ۳۹/۳۱<br>(۳۰/۸۱)               | ۴۲/۱۶<br>(۳۲/۱۱) | ۲۲/۶۳<br>(۲۷/۵۸) | ۲۴/۹۵<br>(۲۸/۵۸) | ۱۶/۹۱<br>(۱۴/۱۶) | $r = 2$     | $r \leq 1$ |
| ۱۱/۱۳<br>(۲۴/۲۵)               | ۱۴/۹۷<br>(۲۵/۸۲) | ۱۱/۸۱<br>(۲۱/۱۳) | ۱۴/۳۱<br>(۲۲/۲۹) | ۱۲/۴۷<br>(۱۷/۸۰) | $r = 3$     | $r \leq 2$ |
| ۲/۱۴<br>(۱۷/۱۴)                | ۹/۸۹<br>(۱۹/۳۸)  | ۷/۷۹<br>(۱۴/۲۶)  | ۱۱/۴۸<br>(۱۵/۸۹) | ۱۰/۰۵<br>(۱۱/۲۲) | $r = 4$     | $r \leq 3$ |
| ۰/۴۲<br>(۳/۸۴)                 | ۰/۸۹<br>(۱۲/۵۱)  | ۰/۳۰<br>(۳/۸۴)   | ۲/۷۱<br>(۹/۱۶)   | ۲/۴۱<br>(۴/۱۳)   | $r = 5$     | $r \leq 4$ |



| مقادیر آماره اثر |            |                  |                   |                  |                   |                   |
|------------------|------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| $r = 0$          | $r \geq 1$ | ۷۶/۰۹<br>(۶۰/۰۶) | ۱۰۱/۱۳<br>(۷۶/۹۷) | ۸۵/۰۲<br>(۶۹/۸۲) | ۱۲۴/۴۱<br>(۸۸/۸۰) | ۱۰۸/۷۱<br>(۷۹/۳۴) |
| $r \leq 1$       | $r \geq 2$ | ۴۱/۸۶<br>(۴۰/۱۷) | ۵۳/۴۷<br>(۵۴/۰۷)  | ۴۲/۵۳<br>(۴۷/۸۵) | ۶۷/۹۳<br>(۶۳/۸۷)  | ۵۳/۰۱<br>(۵۵/۲۴)  |
| $r \leq 2$       | $r \geq 3$ | ۲۴/۹۵<br>(۲۴/۲۷) | ۲۸/۵۲<br>(۳۵/۱۹)  | ۱۹/۹۰<br>(۲۹/۷۹) | ۲۵/۷۶<br>(۴۲/۹۱)  | ۱۳/۶۹<br>(۳۵/۰۱)  |
| $r \leq 3$       | $r \geq 4$ | ۱۲/۴۷<br>(۱۲/۳۲) | ۱۴/۲۰<br>(۲۰/۲۶)  | ۸/۰۹<br>(۱۵/۴۹)  | ۱۰/۷۸<br>(۲۵/۸۷)  | ۲/۵۷<br>(۱۸/۳۹)   |
| $r \leq 4$       | $r \geq 5$ | ۲/۴۱<br>(۴/۱۳)   | ۲/۷۲<br>(۹/۱۶)    | ۰/۳۰<br>(۳/۸۴)   | ۰/۸۹<br>(۱۲/۵۲)   | ۰/۴۲<br>(۳/۸۴)    |

اعداد داخل پرانتز مقادیر بحرانی در سطح معنی‌داری ۵٪ می‌باشند.

در مرحله بعد، رابطه بلندمدت بین متغیرها با توجه به رابطه (۳) تخمین زده شده است.

$$\ln p = c_0 + c_1 \ln gdp + c_2 \ln gdp^2 + c_3 \ln tr + c_4 \ln avi + c_5 Du + c_6 Du_1 + \varepsilon_t \quad (3)$$

در این مرحله رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل تخمین زده شده و بردار نرمال شده نسبت به متغیر درونزای اول محاسبه می‌شود.

با توجه به جدول شماره (۵) می‌توان گفت که ضرایب تمامی متغیرها از لحاظ آماری معنی‌دار و به لحاظ تئوریک دارای علامت مورد انتظار می‌باشند.

با توجه به رابطه بلندمدت فوق، می‌توان گفت که کشش فشارهای زیست‌محیطی نسبت به سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی و درجه باز بودن تجاری به ترتیب بزرگ‌تر از یک و برابر ۲/۱۵ و ۴/۰۹ است.

جدول شماره (۵) تخمین رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل

| متغیرها                                   | ضرایب                  |                      |
|---|------------------------|----------------------|
|   | مدل (۱)                | مدل (۲)              |
| C   | -۱۰۴۹/۲۰<br>(۲۱۸/۳۳) * | -۱۹۰/۳۴<br>(۷۷/۱۲) * |
| Lgdpp                                     | ۲۴۷/۳۸<br>(۵۱/۵۹) *    | ۴۴/۶۳<br>(۱۴/۱۸) *   |
| lgdpp2                                    | -۱۴/۴۱<br>(۳/۰۳) *     | -۲/۵۶<br>(۱/۰۶) *    |
| Lavi                                      | ۲/۱۵<br>(۰/۵۸) *       | ۰/۷۱<br>(۰/۱۱) **    |
| Ltr                                       | ۴/۰۹<br>(۰/۸۸) *       | -                    |
| $\bar{R}^2$                               | ۰/۵۶                   | ۰/۵۴                 |
| آزمون معنی‌دار بودن کلی رگرسیون (آماره F) | *۶/۳                   | *۶/۸                 |
| تعداد مشاهدات                             | ۴۲                     | ۴۲                   |

اعداد داخل پرانتز انحراف معیار است. \* و \*\* به ترتیب نشانگر رد فرضیه صفر در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ و ۰/۰۵ است.

پس از به‌دست آوردن ضرایب بلندمدت، می‌توان از الگوی تصحیح خطای برداری (VECM) برای پیوند دادن رفتار کوتاه‌مدت متغیرها به مقادیر تعادلی بلندمدتشان استفاده کرد. جدول شماره (۶) برآورد ضرایب تعدیل را نشان می‌دهد. این ضرایب، نشانگر تعدیل عدم تعادل و میزان سرعت نیل آن به سمت تعادل بلندمدت می‌باشند.

جدول شماره (۶) نتایج تخمین مدل VECM

| نام متغیر توضیحی    | ضریب  | انحراف معیار      | آماره t |
|---------------------|-------|-------------------|---------|
| $\Delta Lgdpp(-1)$  | -۳/۶۶ | ۴/۱۶              | -۰/۸۷   |
| $\Delta lgdpp2(-1)$ | ۰/۲۳  | ۰/۲۴              | ۰/۹۳    |
| $\Delta ltr(-1)$    | -۰/۰۴ | ۰/۰۶              | -۰/۷۶   |
| $\Delta lavi(-1)$   | -۰/۰۵ | ۰/۰۹              | -۰/۵۳   |
| Du                  | ۰/۰۱  | ۰/۰۱              | ۰/۸۰    |
| Du1                 | -۰/۱۰ | ۰/۰۳              | -۳/۰۳   |
| Ecm(-1)             | -۰/۰۴ | ۰/۰۰              | -۵/۹۸   |
| F= ۶/۲۳             |       | $\bar{R}^2= ۰/۵۶$ |         |

با توجه به نتایج جدول شماره (۶) می‌توان بیان کرد که سرعت تعدیل خطای کوتاه‌مدت به سمت مقدار تعادلی بلندمدت برابر با ۴ درصد است.

### یافته‌ها و بحث

باتوجه به نتایج به‌دست آمده، تأثیر مثبت تولید ناخالص داخلی سرانه بر فشارهای زیست‌محیطی بیانگر این است که با افزایش روزافزون فعالیت‌های اقتصادی، استفاده از انرژی و منابع طبیعی افزایش و وارد ساختن ضایعات ناشی از این فعالیت‌ها بر محیط‌زیست موجب افزایش تخریب زیست‌محیطی می‌شود.

تأثیر مثبت سهم ارزش افزوده صنعت از تولید ناخالص داخلی بر فشارهای زیست‌محیطی بیانگر آن است که افزایش فعالیت‌های صنعتی موجب افزایش استفاده از منابع انرژی شده و هم‌چنین ورود پسماندهای صنعتی ناشی از فعالیت‌های صنعتی به محیط‌زیست، موجب تخریب محیط‌زیست می‌شوند.

ضریب منفی مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه نشانگر این است که رابطه بین تولید ناخالص داخلی سرانه و فشارهای زیست‌محیطی به‌صورت U وارون شکل است به بیان دیگر در سطوح پایین تولید ناخالص داخلی سرانه با افزایش آن فشارهای زیست‌محیطی افزایش پیدا می‌کند پس از رسیدن به سطح مشخصی از درآمد (سطح آستانه) با افزایش تولید ناخالص داخلی به‌تدریج از فشارهای زیست‌محیطی کاسته می‌شود. از جمله دلایل کاهش فشارهای زیست‌محیطی در اثر رشد اقتصادی می‌توان به کارگیری تکنولوژی جدید در تولید، تغییر در نوع و ترکیب نهاده‌های تولیدی، افزایش سهم خدمات از تولید ناخالص داخلی، وضع قوانین و مقررات زیست‌محیطی و افزایش آگاهی‌های عمومی نسبت به حفظ محیط‌زیست اشاره کرد.

تأثیر مثبت و معنی‌دار تولید ناخالص داخلی سرانه بر فشارهای زیست‌محیطی علاوه بر سازگاری با مبانی نظری با اکثر مطالعات به‌ویژه مطالعات عالم و همکاران (۲۰۰۷)، پژیوان و مرادحاصل (۱۳۸۶)، بهبودی و برقی (۱۳۸۷)، بهبودی، فلاحی و برقی (۱۳۸۸) و محمدباقری (۱۳۸۹) سازگار است. تأثیر منفی و معنی‌دار مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه

بر فشارهای زیست‌محیطی نیز علاوه بر سازگاری با مبانی نظری، با اکثر مطالعات به ویژه مطالعات گروسمن و کروگر (۱۹۹۵)، شافیک و بندیوپادیا (۱۹۹۲)، بکرمن (۱۹۹۲)، سلدون و سانگ (۱۹۹۲) و تاسکین و زیم (۲۰۰۰)، پژویان و مرادحاصل (۱۳۸۶)، پور کاظمی و ابراهیمی (۱۳۸۷) و دهقانی (۱۳۸۸) سازگار است. هم‌چنین تأثیر مثبت و معنی‌دار آزادسازی تجاری بر فشارهای زیست‌محیطی نیز علاوه بر سازگاری با مبانی نظری تحقیق، با مطالعات هالیچی اوغلو (۲۰۰۸)، بهبودی و برقی (۱۳۸۷)، بهبودی، فلاحی و برقی (۱۳۸۸) سازگار است. از این رو یافته‌های تحقیق با مبانی نظری سازگار و نتایج آن با اغلب مطالعات تجربی انجام‌گرفته در این حوزه هم‌راستا است.

### نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مطالعه، تبیین و تحلیل فشارهای زیست‌محیطی تولید ناخالص داخلی در ایران در چارچوب فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس بود. استفاده از روش هم‌انباشتگی جوهانسن - جوسلیوس و برآورد مدل VECM، نشان داد که بین متغیرهای مدل رابطه تعادلی بلندمدت وجود دارد، ولی سرعت تعدیل خطای تعادلی کوتاه‌مدت به سمت رابطه تعادلی بلندمدت به‌کندی انجام می‌گیرد.

با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر توصیه‌های زیر ارائه می‌شود:

تجهیز بخش تولید به‌ویژه بخش صنعت به تکنولوژی مدرن و دوستدار محیط‌زیست. اصلاح قیمت‌های حامل‌های انرژی به‌منظور اجتناب از استفاده بی‌رویه از این منابع خدادادی. اتخاذ سیاست‌های غیرقیمتی از جمله سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک، جایگزین نمودن انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر همانند انرژی بادی و خورشیدی به‌جای سوخت‌های فسیلی.

درونی‌سازی هزینه‌های اجتماعی آلودگی و وضع مالیات سبز بر آلودگی.

اتخاذ سیاست‌های رشد سریع اقتصادی به‌منظور عبور از سطح آستانه.

اتخاذ سیاست‌های جانبی و مکمل در میان‌مدت به‌منظور تعدیل آثار منفی رشد سریع

اقتصادی بر محیط‌زیست در مسیر دستیابی به سطح آستانه



## منابع

- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، مجموعه آمارهای سری زمانی، سایت: [www.cbi.ir](http://www.cbi.ir).
- بهبودی، داود؛ فلاحی، فیروز و برقی گلعدانی، اسماعیل (۱۳۸۸)، «عوامل اقتصادی اجتماعی موثر بر انتشار سرانه دی‌اکسید کربن در ایران (۱۳۸۳-۱۳۴۶)»، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۹۰، صص ۱۷-۱.
- بهبودی، داود و برقی گلعدانی، اسماعیل (۱۳۸۷)، «اثرات زیست‌محیطی مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران»، *فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)*، دوره ۵، شماره ۴، صص ۳۵-۵۳.
- پورکاظمی، محمدحسین و ابراهیمی، الناز (۱۳۸۷)، «بررسی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی در خاورمیانه»، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، شماره ۳۴، صص ۷۱-۵۷.
- پژوهش‌های، جمشید و مرادحاصل، نیلوفر (۱۳۸۶)، «بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا»، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، سال ششم، شماره ۴، صص ۱۶۰-۱۴۱.
- پژوهش‌های، جمشید و تبریزیان، بیتا (۱۳۸۷)، «بررسی رابطه رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی پویا»، *پژوهشنامه اقتصادی*، سال دهم، شماره ۳، صص ۲۰۳-۱۷۵.
- پژوهش‌های، جمشید و لشکری‌زاده، مریم (۱۳۸۹)، «بررسی عوامل تأثیر گذار بر رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت زیست‌محیطی»، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، سال چهاردهم، شماره ۴۲، صص ۱۸۸-۱۶۹.
- دهقانی، صدیقه (۱۳۸۸)، «بررسی اثر تجارت بین‌الملل بر محیط‌زیست در اقتصادهای نفتی»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۹)، «گزارش اقتصادی و ترازنامه بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران»، [www.cbi.ir](http://www.cbi.ir).
- صادقی، حسین و سعادت، رحمان (۱۳۸۳)، «رشد جمعیت، رشد اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی در ایران (یک تحلیل علی)»، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۶۴، صص ۱۸۰-۱۶۴.
- لطفعلی‌پور، محمدرضا؛ فلاحی، محمدعلی و آشنا، ملیحه (۱۳۸۹)، «بررسی رابطه انتشار دی‌اکسید

کربن با رشد اقتصادی، انرژی و تجارت در ایران»، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۹۴، صص ۱۷۳-۱۵۱.

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

- نوفرستی، محمد (۱۳۸۷)، «ریشه واحد و هم‌جمعی در اقتصادسنجی»، چاپ دوم، تهران، موسسه خدمات فرهنگی رسا.

- وزارت نیرو (۱۳۸۸)، «ترازنامه انرژی»، تهران، معاونت امور برق و انرژی.

- Alam, shaista, Fatma, ambreen & butt, Muhammad (2007), "Sustainable development in Pakistan in the context of energy consumption demand and environmental degradation", *Journal of Asian Economics*, Vol 18, pp. 825-837.
- Halicioglu, F. (2009), "An econometric study of Co2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey", *Energy Policy*, No. 37, pp. 1156-1164.
- Roca, J., E. Padilla, M. Farre and V. Galleho (2001), "Economic growth and atmospheric pollution in Spain: Discussing the environmental Kuznets curve hypothesis", *Ecological Economic*, Vol 39, pp 85-99.
- Khanna, N. (2002), "The income elasticity of non-point Source air pollutants: revisiting the environmental Kuznets curve", *Economics Letters*, Vol 77, pp. 387-392.
- Soytaş, U., Sari, R., Bradley, T.E. (2007), "Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States", *Ecological Economics*, Vol 62, pp. 482-489.
- Taskin, F. and O., Zaim (2000), "Searching for Kuznets curve in environmental efficiency using kernel estimation", *Economics Letters*, Vol 68, pp 217-223.
- Zilio, M., & M., Recalde, (2011), "GDP and environment pressure: The role of energy in Latin America and the Caribbean", *Journal of Energy Policy*, Vol 39, pp. 7941-7949.