

بررسی رابطه علی میان انتشار کربن و درآمد ملی، با تأکید بر نقش مصرف انرژی

غلامعلی شرزه‌ای

دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران

مجید حقانی

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد اقتصاد محیط زیست دانشگاه تهران و کارشناس ارشد، وزارت نیرو

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱۰/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۷/۷

چکیده

بخش بزرگی از مصرف انرژی در جهان توسط سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود، که این امر موجب انتشار وسیع مواد آلاینده سمی و خطرناک و نیز آسیب‌های جهانی هم‌چون گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی شده است. آنچه مسلم است مصرف انرژی در جهان به منظور رشد اقتصادی رو به افزایش است و در نتیجه نشر گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه CO_2 در اثر مصرف سوخت‌های فسیلی روندی فزاینده دارد. در این زمینه رابطه علی میان متغیرهای اقتصادی از قبیل درآمد ملی با انتشار آلاینده‌های زیست محیطی، قابل آزمون و بررسی است. در این مقاله سعی شده است که رابطه علیت گرنجر بین مصرف انرژی، درآمد ملی و انتشار کربن به همراه عوامل دیگری مثل نیروی کار و سرمایه مورد بررسی قرار گیرد. نتایج نشان می‌دهد که یک رابطه علیت یک طرفه از درآمد ملی به مصرف انرژی وجود دارد، اما رابطه علیت میان درآمد و انتشار کربن مورد تأیید قرار نگرفت، در نتیجه می‌توان بیان داشت که افزایش درآمد ملی طی دوره ۱۳۵۳ تا ۱۳۸۴، تأثیری بر میزان انتشار کربن در ایران نداشته است. علاوه بر این، مصرف انرژی علت افزایش انتشار کربن شناخته شده، این در حالی است که انتشار کربن علت افزایش درآمد تشخیص داده نشده است.

طبقه‌بندی JEL : F18, Q51, Q56

کلیدواژه: تولید ناخالص ملی، انتشار کربن، مصرف انرژی، علیت گرنجر

۱- مقدمه

در بیش‌تر کشورها و بخصوص کشورهای در حال توسعه رشد اقتصادی به‌عنوان هسته مرکزی برنامه‌ریزی‌ها قلمداد می‌شود. متأسفانه رشد اقتصادی مذکور پیامدهای ناگواری به خصوص در زمینه محیط‌زیست به همراه داشته است، زیرا بستر بیش‌تر فعالیت‌های اقتصادی، محیط زیست است و در حقیقت محیط زیست و رشد اقتصادی در ابتدائی‌ترین سطح به یکدیگر وابسته‌اند. از این رو در طی پنج سال گذشته جهان شاهد تغییرات زیست محیطی بزرگ و نامطلوبی همانند افزایش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است. انتشار گازهای گلخانه‌ای^۱ (GHG) به‌ویژه انتشار CO₂، یکی از دلایل اصلی گرم شدن جهان به شمار می‌رود. از سوی دیگر با گرم شدن جهان کشورهای متعددی در قالب پیمان کیوتو^۲ متعهد شده‌اند که سطح آلودگی را کاهش دهند، برای این منظور باید کشورهای انتشار دهنده CO₂ شناسایی شوند. نتیجه تحقیقات انجام گرفته در این زمینه سبب شده است تا فرضیه‌ای به نام فرضیه منحنی کوزنتس زیست محیطی^۳ به‌وجود آید. پیش‌بینی این فرضیه بر این اساس است که در ابتدا افزایش درآمد سرانه سبب تخریب شدید محیط زیست می‌شود، اما بعد از یک حد رشد، این تخریب شروع به کاهش خواهد کرد. پس اگر این فرضیه درست باشد، می‌توان از رشد اقتصادی به‌عنوان یک راه حل برای مشکلات زیست محیطی نام برد، و یا به عبارت بهتر می‌توان گفت که "تقاضا برای کیفیت محیط‌زیست، در رشد اقتصادی نهفته است."^۴

مطالعه‌های محدودی به بیان این موضوع (با توجه به رابطه علیت گرنجر بین رشد اقتصادی و انتشار کربن) پرداخته‌اند. با توجه به این نکته، در این تحقیق دو موضوع درباره اقتصاد ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد، اول مطالعه رابطه میان مصرف انرژی و درآمد ملی و انتشار کربن، سپس با استفاده از این متغیرها و به‌کارگیری آزمون‌های علیت گرنجر و روش VECM، به رابطه علی میان تولید ملی و انتشار کربن پرداخته می‌شود.

در این راستا رابطه علیت میان تولید و انتشار CO₂ در کشور ایران بررسی می‌شود. به این منظور از ۵ متغیر تولید ناخالص ملی، مصرف انرژی، نیروی کار، سرمایه‌گذاری و

1- Greenhouses gas.

2- Kyoto Protocol.

3- Environmental Kuznets Curve.

4- Dinda (2006).

انتشار کربن، استفاده و با به کارگیری آزمون‌های مختلف علیت گرنجر و روش VECM (Vector Error Correction)، به این موضوع پرداخته می‌شود. در قسمت دوم این مقاله مقدمه‌ای درباره منحنی کوزنتس بیان شده است، در قسمت سوم در ارتباط با داده‌ها و مدل مورد استفاده، بحث شده است در قسمت آخر نیز تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری آورده شده است.

۲- پیشینه تحقیق

برای بررسی تغییرات در کیفیت محیط زیست متأثر از رشد اقتصادی، در بسیاری موارد از فرضیه زیست محیطی کوزنتس کمک گرفته می‌شود. مطالعات متعددی در زمینه تأیید یا رد فرضیه زیست محیطی کوزنتس انجام گرفته است.

گروسمن و کروگر (۱۹۹۵، ۱۹۹۱) که از پیشگامان در این زمینه هستند. با انجام مطالعات گسترده بر روی EKC، اثر رشد اقتصادی بر حوزه گسترده‌ای از آلوده کننده‌ها 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 آلوده کننده‌ها وجود دارد.

شفک و باندیوپادهیای (۱۹۹۲) تخریب سالیانه و کلی درختان جنگلی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و نتایجی مشابهی به دست آورده‌اند، ولی سطح چرخش، یعنی سطوح آستانه در میان مطالعات مذکور متفاوت بوده است. سونگ و سلدون (۱۹۹۴)، منحنی کوزنتس را به طور گسترده‌تر معرفی کرده‌اند. در حقیقت این دو محقق روابط میان درآمد و محیط زیست را مورد مطالعه قرار داده و به معرفی منحنی U معکوس کوزنتس پرداخته‌اند.

تحقیقات و مطالعات وسیعی توسط (۱۹۹۷) باربیر^۱، (۱۹۹۸) روتام^۲ و (۱۹۹۸) استرن^۳ و همچنین نظریه‌های (۲۰۰۱) کولوویک^۴ در مورد منحنی EKC^۵ سبب شد که استفاده از نظریه اصلی کوزنتس به صورت محتاطانه‌تر مطرح شود. به عنوان مثال (۱۹۹۹) سلدن، ایکان - هولرز^۶، در بررسی خود بیان کرده‌اند که منحنی EKC نمی‌تواند در مورد بسیاری از آلودگی‌ها از قبیل دی اکسید کربن راه حل‌های اساسی را ارائه کند به طوری که با نتایج قبلی نیز سازگار باشد.

1- Barbier 1997.

2- Rothman 1998.

3- Stern 1998.

4- Covlovic 2001.

5- Environmental Kuznets Curve.

6- Holz - Eakin, Selden.

برویو^۱ در سال ۱۹۹۸، مطرح کرد چنانچه یک رابطه هم‌جمعی^۲ قابل شناسایی وجود داشته باشد، در آن صورت امکان وجود یک رابطه علیت گرنجر^۳ بین درآمد ملی و انتشار کربن وجود خواهد داشت. در مطالعه‌ای که در سال ۱۹۹۸ به‌وسیله برویو و همکارانش انجام شده است بیان شده که رابطه EKC صادق نمی‌باشد. که از یک مدل Co-integration در این تحقیق استفاده شده است و نتایج حاصله رابطه EKC را تأیید ننمود.

هوربانی (۲۰۰۰)^۴ در تحقیقات خود متوجه شده است که می‌توان منحنی U وارونه وارونه را به صورت روابط تجربی بیان کرد در حقیقت می‌توان بین آلودگی و درآمد ملی روابطی را به صورت تجربی در نظر گرفت. هنوز موضوع تجزیه و تحلیل کوزنتس به‌طور گسترده مورد بررسی و مطالعه قرار دارد، به‌طوری که در سال ۲۰۰۰ لوپ و میترا^۵، بیان کرده‌اند که منحنی کوزنتس برای کشورهای مختلف با توجه به ساختارهای اقتصادی‌ای که دارند، متفاوت خواهد بود و الزاما دارای نتایج یکسانی نیست.

استرن- پرمن (۲۰۰۳)^۶ برای بررسی وجود منحنی کوزنتس، از یک روش Data Panel برای ۷۴ کشور استفاده کرده‌اند، که در این تحقیق نیز روش Panel به‌کار رفته است و نتایج آن نشان می‌دهد که ممکن است یک رابطه بلندمدت میان انتشار آلودگی و درآمد وجود داشته باشد. مطالعات دیگری نیز وجود دارد که ارتباط میان درآمد و سایر متغیرهای زیست محیطی هم‌چون سولفور، اکسید نیتروژن و... را آزمون کرده‌اند. مطالعه‌های تورتون، استرن، رسو، همیلتون و لیسه^۷، در زمینه است.

(۲۰۰۴) استرن، (۲۰۰۵) دیندا و (۲۰۰۶) تیلور^۸، بیش‌تر تخریب محیط زیست را یک متغیر وابسته و درآمد را به‌عنوان یک متغیر مستقل در نظر گرفته‌اند. در مطالعه‌های تجربی انجام گرفته بیش‌تر تأکید بر به‌کارگیری روش‌های متفاوت اقتصادسنجی موضوع است، زیرا بیش‌تر دلایل رد و قبول این نظریه، در مورد روش مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل است. این انتقادات و تردیدها موجب شد، تا برای تجزیه و تحلیل دقیق‌تر رابطه میان رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست به سراغ تجزیه و

1- Bruyu.

2- Co-integration.

3- Granger causality.

4- Horbany.

5- Mitra, Lope.

6- Perman, Stern.

7- Raco(2000), Stern Turton, Hamilton(2002) Lise(2006).

8- Stern (2005), Dinda (2005), Taylor (2006).

تحلیل‌های سری زمانی بروند چرا که در تجزیه و تحلیل‌های سری زمانی نکته حائز اهمیت انتخاب وقفه‌های بهینه است، که با در نظر گرفتن این وقفه‌ها می‌توان به این نکته پی‌برد که انتشار آلودگی در دوره قبل می‌تواند بر روی رشد این دوره مؤثر واقع بشود یا خیر؟

(۲۰۰۶) دیندا و کوندو^۱، رابطه علّیت گرنجر را در مورد رشد درآمد و انتشار کربن برای گروهی از کشورها با استفاده از روش Panel data مورد بررسی قرار داده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که یک رابطه علّیت به طور نامحسوس و غیرشفاف میان این دو متغیر وجود دارد. در مورد رابطه علّیت گرنجر این نکته را باید یادآوری کرد که وجود رابطه علّیت یک طرفه از انتشار آلودگی به درآمد، بیانگر این است که انتشار آلودگی بیش‌تر، درآمد بیش‌تر را به همراه دارد و اگر یک رابطه یک طرفه از درآمد به انتشار آلودگی وجود داشته باشد، بیانگر آن است که درآمد بالاتر، آلودگی بیش‌تر به همراه خواهد داشت و در صورت وجود رابطه دو طرفه، یک اثر Feed back به وجود می‌آید.

(۲۰۰۶) کارفمن و ریچمند^۲، با استفاده از متغیر مصرف انرژی روش جدیدی را ابداع کرده‌اند، نتایج نشان می‌دهد که یک رابطه علّیت میان درآمد و مصرف انرژی و انتشار آلودگی وجود دارد. (۲۰۰۶) دیندا و کوندو^۳، با توجه به تحقیقات خود در این زمینه بیان کرده‌اند که کشورهای توسعه یافته برای جلوگیری از تخریب محیط زیست باید از رشد اقتصادی صرف‌نظر کنند، زیرا رشد اقتصادی اثرات دلخواه ما را در مورد کاهش دادن آلودگی ندارد.

۳- تجزیه و تحلیل سری زمانی

الگوی سری زمانی که برای پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت مورد استفاده قرار می‌گیرد، سعی می‌کند تا رفتار یک متغیر را بر اساس مقادیر گذشته آن متغیر و یا مقادیر گذشته سایر متغیرها توضیح دهد و در این زمینه الگوهایی که سعی می‌کنند تا تنها مقادیر فعلی یک متغیر را به مقادیر گذشته آن متغیر ارتباط دهند، الگوهای تک متغیره هستند و از سوی دیگر الگوهایی که رفتار یک متغیر و متغیرهای مختلف دیگر را به طور هم‌زمان توضیح می‌دهند، الگوهای چند متغیره هستند که به الگوهای خود توضیح

1- Coondoo, Dindan, 2006.

2-Richmond, Kaufmann 2006.

3- Dinda, Coonda, 2006.

بردارى^۱ یا VAR معروفاند. وقتی دو یا چند متغیر سری زمانی بر اساس مبانی نظری با یکدیگر ارتباط داده می‌شوند تا یک رابطه تعادل بلندمدت را شکل دهند، هر چند ممکن است خود این سری‌های زمانی دارای روند تصادفی باشند، اما در طول زمان یکدیگر را به خوبی دنبال می‌کنند، به گونه‌ای که تفاضل آن‌ها با ثبات است. بنابراین مفهوم هم‌جمعی بیانگر وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت است از سوی دیگر برای پیوند دادن روابط کوتاه‌مدت به بلندمدت از مدلی به نام $VECM^2$ استفاده می‌شود، که بر اساس یک الگوی VAR با ویژگی‌های هم‌جمعی است. یک الگوی خود توضیح برداری را در شکل ماتریسی می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + U_t, U_t \sim IN(0, \Sigma)$$

که در این رابطه، Y_t و وقفه‌های آن بردارهای $k \times 1$ مربوط به الگو هستند. A_i برای $i=1 \dots p$ ماتریس‌های $K \times K$ ضرایب الگو هستند و U_t بردار $K \times 1$ مربوط به جملات اخلال الگو هستند. اکنون برای ارتباط دادن رفتار کوتاه‌مدت Y_t به مقادیر تعادلی بلندمدت، می‌توان رابطه زیر را در قالب الگوی تصحیح خطای برداری به صورت زیر در آورد:

$$\Delta Y_t = B_1 \Delta Y_{t-1} + B_2 \Delta Y_{t-2} + \dots + B_{p-1} \Delta Y_{t-p+1} + \Pi Y_{t-p} + U_t$$

که ماتریس Π ، حاوی اطلاعات مربوط به روابط بلندمدت است. در این مقاله ماتریس Y_t شامل مصرف انرژی و درآمد ملی و نیروی کار و سرمایه‌گذاری ثابت و ماتریس B شامل ضرایب است.

آزمون‌های ریشه واحد که در این مقاله استفاده شده‌اند، عبارتند از:

۱- آزمون دیکى فولر^۳ (ADF1979) ۲- آزمون فیلیپس و پرون^۴ (PP1988)

۳- آزمون دیکى فولر (DF-GLS) ۴- آزمون^۵ (KPSS)

1- Vector Autoregressive Model.

2- Vector Error Correction Model.

3- Augmented Dicky -Fuller Test.

4- Phillips & Perron.

5- Kwiatkowski et al. (1992).

۳-۱- آزمون دیکی - فولر

فرایند خود توضیح مرتبه اول زیر را در نظر بگیرید:

$$Y_t = \rho y_{t-1} + u_t \quad t = 1, 2, \dots$$

برای آزمون این که سری زمانی y_t دارای ریشه واحد است، آزمون فرضیه زیر را تشکیل می دهیم:

$$H_0 : \rho = 1$$

$$H_1 : \rho < 1$$

که پارامتر ρ ، را می توان به روش حداقل مربعات (OLS) برآورد کرد. برای انجام آزمون دیکی و فولر بر اساس برآورد کننده ρ ، آماره زیر را پیشنهاد کرده اند:

$$N(\rho - 1)$$

آماره فوق دارای یک توزیع حدی است و کمیت های بحرانی آن برای آزمون ریشه واحد یا $\rho=1$ ، توسط دیکی و فولر، به کمک روش های شبیه سازی به دست آمده و جدول بندی شده است و اگر قدر مطلق آماره محاسبه شده، از قدر مطلق مقدار بحرانی ارائه شده توسط دیکی و فولر بزرگ تر باشد، آن گاه H_0 رد می شود و سری زمانی پایاست. اما اگر قدر مطلق مقدار محاسبه شده کم تر از قدر مطلق مقدار بحرانی ارائه شده باشد، فرضیه H_0 پذیرفته می شود و سری ناپایاست.

۳-۲- آزمون دیکی فولر تعمیم یافته

برای آزمون ناپایائی، ابتدا فرض را بر این قرار دادیم که سری زمانی مورد بحث دارای یک فرایند خود توضیح مرتبه اول است و سپس فرضیه $\rho=1$ را بر آن اساس آزمون می کنیم، اکنون اگر این فرض درست نباشد و سری زمانی تحت بررسی دارای فرایند خود توضیح مرتبه P باشد، رابطه مورد برآورد برای آزمون ρ ، از تصریح پویائی صحیح برخوردار نخواهد بود و این امر سبب خواهد شد تا جملات خطای رگرسیون دچار خود همبستگی شوند در این حالت دیکی و فولر (۱۹۸۱) نشان داده اند که وقتی جملات اخلال U_t خود همبسته هستند، در صورتی که الگوی تعمیم یافته دیکی و فولر مورد استفاده قرار گیرد، توزیع حدی و کمیت بحرانی به دست آمده توسط ایشان باز هم صادق است.

اکنون فرض کنید جملات اخلال مربوط به رابطه رگرسیون زیر، یعنی:

$$Y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + u_t \Delta$$

دارای یک فرایند خود توضیح پایا از مرتبه P به صورت زیر باشد:

$$U_t = \theta_1 u_{t-1} + \theta_2 u_{t-2} + \dots + \theta_p u_{t-p} + \epsilon_t$$

حال با جانشینی دو رابطه در هم خواهیم داشت:

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \sum \theta_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t$$

دیکی و فولر نشان می‌دهند که برای آزمون $\rho=1$ آماره t محاسبه شده همان توزیع غیراستاندارد حدی را دارد.

۳-۳- آزمون فلیپس و پرون

آماره پیشنهاد شده توسط فلیپس و پرون (۱۹۸۸)، بر اساس توزیع حدی آماره‌های مختلف دیکی-فولر است، با این تفاوت که فرض این که جملات u_t به صورت همانند و مستقل از یکدیگر توزیع شده‌اند، کنار گذاشته شده است. فلیپس و پرون نشان داده‌اند که آماره آزمون برای وقتی که u_t ها به صورت همانند و مستقل از یکدیگر توزیع نشده‌اند، دارای توزیع حدی است و تبدیلات متفاوتی را استخراج و مقادیر بحرانی آن را مقایسه کرده‌اند. بنابر این اگر u_t ها (IID) باشند، می‌توان از آماره دیکی و فولر استفاده کرد، ولی اگر u_t ها (IID) نباشند، باید آماره پیشنهاد شده توسط فلیپس و پرون برای پایائی سری زمانی، مورد استفاده قرار گیرد.

۴- داده‌های مورد استفاده

همانند بسیاری از تحقیقات، این طرح نیز با مشکل تهیه ارقام و اطلاعات آماری روبرو بود و عدم هماهنگی و یکسان بودن میان داده‌ها و تفکیکی نبودن داده‌های مربوط به مصرف انرژی مشکلاتی را در این تحقیق به وجود آوردند. در این مقاله داده‌های مربوط به GDP (Y) واقعی، سرمایه ثابت (K) و کل نیروی کار (L)، از ترازنامه بانک مرکزی به دست آمده‌اند علاوه بر این داده‌ها با داده‌های بانک جهانی و مرکز آمار مقایسه شده‌اند. برای داده‌های مربوط به مصرف انرژی (E) و انتشار CO_2 ، از World Development Indicators و داده‌های وزارت نیرو استفاده شده است. به منظور استفاده بهتر و جلوگیری از مشکلات آماری، داده‌ها به صورت لگاریتم مورد استفاده قرار گرفته‌اند و داده‌ها مربوط به سال‌های ۱۳۵۳ تا ۱۳۸۴ هستند.

۵- تخمین مدل

نتایج آزمون‌های ریشه واحد در جدول‌های ۱ و ۲ آمده‌اند.

جدول ۱ - نتایج آزمون ریشه واحد روی سطح متغیرها

	ADF	DF-GLS	PP	KPSS
LCO ₂	-۴/۱۷۶ ^b	-۳/۷۴ ^a	-۴/۲۹ ^a	۰/۵۰۰ ^c
LN	۱/۱۵	۰/۹۰۷	۱/۰۷	۰/۷۵ ^a
LGDP	-۰/۸۰۰	۰/۳۵	-۱/۲۷	۰/۶۳ ^b
LK	-۳/۰۶ ^c	-۱/۳۳	-۲/۲۴	۰/۱۸
LE	-۲/۲۲	۰/۶۳۸	-۲/۰۲	۰/۷۵ ^a

*تعداد وقفه بهینه بر اساس آماره SIC است. a,b,c به ترتیب سطح معنی‌داری در ۱۰ و ۵ و ۱ درصد هستند.

منبع محاسبات محقق.

جدول ۲- نتایج آزمون ریشه واحد بر روی تفاضل مرتبه اول

متغیرها	ADF	DF-GLS	PP	KPSS
LCO ₂	-۸/۸۲۵ ^a	-۸/۹۸ ^a	-۲۲/۰۶ ^a	۰/۴۸ ^b
LN	-۴/۲۳۸ ^a	-۴/۳۳ ^a	-۳/۱۷ ^a	۰/۲۲
LGDP	-۳/۵۸۹ ^b	-۲/۹۷ ^a	-۳/۵۶ ^b	۰/۱۴
LK	-۳/۶۱ ^c	-۳/۴۲ ^a	-۳/۳۳ ^b	۰/۱۱
LE	-۴/۸۳ ^b	-۶/۲۴ ^a	-۷/۰۰۸ ^a	۰/۲۱

a,b,c به ترتیب سطح معنی‌داری در ۱۰ و ۵ و ۱ درصد هستند.

منبع محاسبات محقق.

همان‌طور که در جدول یک مشاهده می‌شود، بیش‌تر متغیرها نامانا هستند و در جدول دوم نیز متغیرها در تفاضل اول مانا هستند. (متغیرها با یک بار تفاضل‌گیری مانا می‌شوند).

نتایج آزمون گرنجر

در این قسمت برای استخراج بردارهای هم‌جمعی، از روش یوهانسون - جوسلیوس^۱ استفاده کرده‌ایم، که در این روش برای به‌دست آوردن رابطه بلندمدت متغیرها، ابتدا با استفاده از دو آماره حدکثر مقدار ویژه و آزمون اثر وجود هم‌جمعی و تعداد روابط هم‌جمعی مورد بررسی قرار می‌گیرند. در آزمون حداکثر مقدار ویژه به ترتیب "فرضیه صفر عدم وجود رابطه هم‌جمعی در مقابل وجود یک رابطه هم‌جمعی" و "وجود یک یا کم‌تر از یک رابطه هم‌جمعی در مقابل وجود یک یا بیش‌تر از یک رابطه هم‌جمعی" و ... آزمون می‌شود. اگر آماره‌های آزمون مربوط به این متغیرها از مقادیر بحرانی در سطح ۵ درصد بیش‌تر باشد، فرضیه مقابل پذیرفته می‌شود و بر این اساس تعداد بردارهای هم‌جمعی به‌دست می‌آید:

جدول ۳- آزمون هم‌جمعی بر اساس آزمون حداکثر مقدار ویژه

H_0	H_1	سطح معنی داری ۵٪	سطح معنی داری ۱۰٪	λ_{max}
$r = 0$	$r = 1$	۳۱.۴۶	۳۶.۶۵	۳۷.۴۵
$r < 1$	$r = 2$	۲۵.۵۴	۳۹.۳۴	۱۶.۷۴
$r < 2$	$r = 3$	۱۸.۹۶	۲۳.۶۵	۱۲.۸۰
$r < 3$	$r = 4$	۱۲.۲۵	۱۶.۲۶	۶.۹۶

منبع: محاسبات محقق

جدول ۴- آزمون هم‌جمعی بر اساس آزمون اثر

H_0	H_1	سطح معنی داری ۵٪	سطح معنی داری ۱۰٪	λ_{trace}
$r = 0$	$r = 1$	۶۲.۹۹	۷۰.۰۵	۷۳.۹۸
$r < 1$	$r = 2$	۴۲.۴۴	۴۸.۴۵	۳۶.۵۲
$r < 2$	$r = 3$	۲۵.۳۲	۳۰.۴۵	۱۹.۷۷
$r < 3$	$r = 4$	۱۲.۲۵	۱۶.۲۶	۶.۹۶

منبع: محاسبات محقق

1- Johanson & Joselius.

طبق جدول‌های بالا، حداقل یک رابطه هم‌جمعی وجود دارد البته آزمون بالا جهت علیت را مشخص نمی‌کند. نتیجه جداول زیر نیز بیانگر وجود یک رابطه علیت گرنجر از مصرف انرژی به انتشار کربن در ایران است و از سوی دیگر رابطه علیت میان انتشار کربن و درآمد وجود ندارد. پس درآمد ملی نمی‌تواند به‌عنوان راه حلی برای جلوگیری از تخریب محیط زیست باشد.

جدول ۵- نتایج آزمون علیت گرنجر

متغیرهای مستقل	CO ₂	E	GDP	K	N
E	۳/۲۳ ^a	-	۳/۹۸	۵/۱۲	۰/۳۵
GDP	۴/۰۵۵	۵/۹۷ ^c	-	۴/۷۱	۰/۶۲
K	۵/۰۵	۹/۲۷	۵/۹۶	-	۰/۷۵
N	۸/۲۴	۱/۳۸	۰/۳۵	۰/۳	-
CO ₂	-	۴/۹۷	۴/۵۹	۷/۰۱	۸/۰۵

* a,b,c به ترتیب معنی‌داری را در سطح‌های ۱۰ و ۵ و ۱ درصد بیان می‌کنند.

**متغیرها به صورت لگاریتم طبیعی هستند که تفاضل مرتبه اول آن‌ها نیز محسوب می‌شوند.

منبع: محاسبات محقق

نتایج حاصل از آزمون علیت گرنجر نشان می‌دهند که انتشار کربن با هیچ کدام از متغیرها (مصرف انرژی، درآمد ملی، نیروی کار و سرمایه) ارتباط ندارد، اما از سوی دیگر مصرف انرژی با انتشار کربن ارتباط علیتی دارد. که این با انتقادات یافته‌های Dinda در سال ۲۰۰۶ در مورد کشورهای در حال توسعه در تضاد است، زیرا نتایج تحقیق حاضر حاکی از وجود یک رابطه علی از مصرف انرژی به انتشار آلودگی است، ولی رابطه علیتی از درآمد ملی به انتشار کربن وجود ندارد. به عبارت دیگر افزایش در درآمد ملی نمی‌تواند علت افزایش انتشار کربن در ایران باشد. از سوی دیگر هیچ رابطه علی از انتشار کربن به درآمد ملی وجود ندارد، که این نتایج از فرضیه منحنی کوزنتس در مورد ایران حمایت نمی‌کند.

۶- تجزیه تحلیل واریانس تعمیم یافته^۱

تجزیه و تحلیل آثار پویا از تکانه‌های ایجاد شده در الگو، با استفاده از روش تجزیه واریانس (VDC) انجام می‌گیرد. روش تجزیه واریانس، قدرت نسبی زنجیره علّیت گرنجر یا درجه برون‌زایی متغیرها را ماورای دوره نمونه اندازه‌گیری می‌کند. پس (VDC) را می‌توان آزمون علّیت گرنجر خارج از دوره نامید. در این روش سهم تکانه‌های وارد شده به متغیرهای مختلف الگو در واریانس خطای پیش‌بینی یک متغیر در کوتاه‌مدت و بلندمدت مشخص می‌شود. به طور مثال، اگر تغییری تنها مبتنی بر مقادیر با وقفه خود به طور بهینه قابل پیش‌بینی باشد، آن گاه واریانس خطای پیش‌بینی تنها بر اساس تکانه‌های وارد بر آن متغیر شرح داده می‌شود. با تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی، سهم نوسانات هرمتغیر در واکنش به تکانه‌های وارد شده به الگو تقسیم می‌شود. به این ترتیب قادر خواهیم بود سهم هر متغیر را بر روی تغییرات متغیرها در طول زمان اندازه‌گیری کنیم. از آن جایی که تجزیه‌های واریانس متعامد به ترتیب قرار گرفتن متغیرها در دستگاه حساس هستند، پس روش تجزیه واریانس تعمیم یافته را مورد استفاده قرار می‌دهیم. تنها باید توجه داشت که در این روش، مجموع سهم تکانه‌های مختلف در توضیح واریانس خطای پیش‌بینی یک متغیر الزاما برابر واحد نیست.

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس تعمیم یافته برای متغیر انتشار کربن

متغیر دوره	CO ₂	E	Y	K	N
۱	۹۴/۵۳	۵/۴	۰	۰	۰
۲	۸۵/۹۰	۱۱/۵۹	۲/۵	۰/۰۰۷	۰/۰۵
۵	۶۸/۷۰	۲۸/۷۹	۲/۳۲	۰/۱۸	۰/۰۴
۱۰	۶۵/۹۹	۳۱/۹۱	۱/۸۶	۰/۲۱	۰/۰۴۱

منبع محاسبات محقق

جدول ۶ تجزیه واریانس را برای CO₂ در کوتاه‌مدت (سال اول) میان مدت (سال دوم) و بلندمدت (سال پنجم و دهم) نشان می‌دهد. تجزیه واریانس به گونه‌ای تعریف شده‌اند که در دوره اول (کوتاه‌مدت) معمولاً نوسانات هر متغیر توسط تکانه‌های مربوط به

1- Generalized variance decompositions.

خود آن توضیح داده می‌شود اما در افق زمانی بلندمدت سهم سایر متغیرها به ترتیب اهمیت افزایش می‌یابد. نتایج حاکی از آن است که به طور کلی متغیر مصرف انرژی بیش‌ترین سهم را در نوسانات نسبت به سایر متغیرها به خود اختصاص می‌دهد که این با نتایج قبلی نیز سازگار است. یعنی این که هیچ رابطه علی مشخصی میان مصرف انرژی و درآمد ملی وجود ندارد.

۷- نتیجه‌گیری

این مقاله به بررسی رابطه میان مصرف انرژی و درآمد ملی و انتشار کربن با به‌کارگیری الگوی VECM و تجزیه واریانس در یک دستگاه چند متغیره، شامل نیروی کار و سرمایه‌گذاری است می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهند که رابطه EKC در ایران مورد تردید است. در بلندمدت عامل اصلی انتشار کربن در ایران مصرف انرژی است. نتایج آزمون هم‌جمعی نشان می‌دهد که حداقل یک رابطه هم‌جمعی میان انتشار کربن و درآمد ملی وجود دارد، ولی نتایج این آزمون جهت علیت را نشان نمی‌دهد و برای این منظور از آزمون علیت گرنجری استفاده شده است. نتایج آزمون علیت گرنجری، وجود رابطه علیت از انتشار آلودگی به درآمد ملی و برعکس در ایران را تأیید نمی‌کند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نیز بیانگر عدم رابطه علیت میان انتشار کربن و درآمد ملی است.

هم‌چنین نتایج نشان می‌دهند که رابطه علیت یک‌طرفه از مصرف انرژی به انتشار کربن وجود دارد، پس می‌توان بیان کرد که افزایش مصرف انرژی سوخت‌های فسیلی در ایران، انتشار کربن را افزایش داده است. بنابراین می‌توان افزایش کارایی انرژی در استفاده از منابع غیرقابل تجدید و افزایش استفاده از انرژی‌های پاک را به‌عنوان راهکار حفظ محیط زیست از خطرات انتشار گاز CO_2 نام برد و چنین استنباط کرد که بهترین سیاست برای کاهش تخریب محیط زیست، کاراتر کردن مصرف انرژی و جایگزینی سوخت‌های پاک است. بهبود تکنولوژی به اقتصاد اجازه می‌دهد تا نرخ استفاده بهینه از محیط زیست به‌عنوان یک منبع را افزایش دهد، در نتیجه رابطه میان مصرف انرژی، انتشار آلودگی و درآمد در آینده تغییر خواهد کرد.

در کل استفاده از انرژی یک عامل بسیار مهم در انتشار گازهای گلخانه‌ای است. در این مقاله مجموع کل انرژی مصرفی در نظر گرفته شده است، در حالی که عدم جمع کردن مصرف انرژی به تفکیک منبع مصرف کننده و یا صنعت استفاده کننده از انرژی

ممکن است نتایج متفاوتی را ایجاد کند. همچنین روش مورد استفاده در این مقاله نمی‌تواند مستقیماً مقداری را برای اثر تغییرات تکنولوژی بر انتشار کربن بیان کند، ولی استفاده از نیروی کار و سرمایه که می‌تواند منعکس کننده خوبی برای تغییرات تکنولوژی باشد، در این مطالعه لحاظ شده است. نتایج نشان می‌دهد که یک رابطه علیت یک‌طرفه از درآمد ملی به مصرف انرژی وجود دارد، ولی رابطه علیت میان درآمد و انتشار کربن مورد تأیید قرار نگرفت، در نتیجه رشد اقتصادی بین دوره ۱۳۵۳ تا ۱۳۸۴، تأثیری بر میزان انتشار کربن در ایران نداشته است.

فهرست منابع

- ۱- نوفرستی، محمد (۱۳۷۸)، ریشه واحد و هم‌جمعی در اقتصاد سنجی، رسا.
- ۲- عباسی نژاد، حسین. (۱۳۸۰) اقتصاد سنجی، مبانی و روش‌ها، ایران
- ۳- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، حساب‌های ملی ایران، اداره حساب‌های اقتصادی، سال‌های مختلف.
- ۴- مرکز آمار ایران، سالنامه آماری کشور، سال‌های مختلف.
- ۵- وزارت نیرو، ترازنامه انرژی، سال‌های مختلف.
- 6- Cleveland, C.J., and R.K. Kaufmann, and D.I. Stern, "Aggregation and the role of energy in the economy", *Ecological Economics* 32 (2000), pp. 301-317.
- 7- Coondoo, D., and S. Dinda, "Causality Between Income and Emission: A country Group-Specific Econometric Analysis", *Ecological Economics* 40 (2002), pp. 351-367.
- 8- Dickey, D.A., and W.A. Fuller, "Distribution of the estimators for Autoregressive time Series with A Unit root", *Journal of the American Statistical Society* 75 (1979), pp. 427-431.
- 9- Dinda, S., "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics* 49 (2004), pp. 431-455.
- 10- Dinda, S., and D. Coondoo, "Income and emission: a panel-data based co-integration analysis", *Ecological Economics* 57 (2006), pp. 167-181.
- 11- Elliott, G., and T.J. Rothenberg, and J.H. Stock, "Efficient tests for an autoregressive unit root", *Econometrica* 64 (1996), pp. 813-836.
- 12- Hamilton, C., and H. Turton, "Determinants of emissions growth in OECD countries", *Energy Policy* 30 (2002), pp. 63-71.

- 13- Heil, M.T., and T.M.Selden, "Carbon emissions and economic development: future trajectories based on historical experience", *Environment and Development Economics* 6 (2001), pp. 63–83.
- 14- Hill, R.J., and E. Magnani, "An exploration of the conceptual and empirical basis of the environmental Kuznets curve", *Australian Economic Papers* 42 (2002), pp. 239–254.
- 15- Holtz-Eakin, D., and T.M., Selden, "Stoking the fires CO2 emissions and economic growth", *Journal of Public Economics* 57 (1995), pp. 85–101.
- 16- Lise, W., "Decomposition of CO2 emissions over 1980–2003 in Turkey", *Energy Policy* 34 (2006), pp. 1841–1852
- 17- Copeland B.R., and M.S.Taylor, "Trade, growth and the environment", *Journal of Economic Literature* 42 (2004), pp. 7–71.
- 18- Phillips P.C.B., and P.Perron, "Testing for a unit root in time series regressions", *Biometrika* 75 (1988), pp. 335–346
- 19- Richmond, A.K. and R.K. Kaufmann, "Is there a turning point in the relationship between income and energy use and/or carbon emissions?", *Ecological Economics* 56 (2006), pp. 176–189.
- 20- Selden, T.M., and D. Song, "Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution?", *Journal of Environmental Economics and Management* 27 (1994), pp. 147–162
- 21- Soytaş, U. and R.Sari, "Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets", *Energy Economics* 25 (2003), pp. 33–37.
- 22- Stern, D.I., "A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy", *Energy Economics* 22 (2000), pp. 267–283 |
- 23- Stern, D.I., "Explaining changes in global sulfur emissions: an econometric decomposition approach", *Ecological Economics* 42 (2002), pp. 201–220. |
- 24- Stern, D.I., "The rise and fall of the environmental Kuznets curve", *World Development* 32 (2004), pp. 1419–1439.
- 25- Stern, D.I., "Beyond the environmental Kuznets curve: diffusion of sulfur-emissions—abating technology", *Journal of Environment and Development* 20 (2005), pp. 1–25.
- 26- Toda, H.Y., and T.Yamamoto, "Statistical inference in vector autoregression with possibly integrated processes", *Journal of Econometrics* 66 (1995), pp. 225–250.
- 27- Torras, M., and J.K.Boyce, "Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve", *Ecological Economics* 25 (1998), pp. 147–160.
- 28- Zaim, O., and F.Taskin, "A Kuznets curve in environmental efficiency: an application on OECD countries", *Environmental and Resource Economics* 17 (2000), pp. 21–36.

پیوست

سال	متغیر	N	CO2	K	GDP	EC
۱۳۵۰		۸۰۳۰۰۱۹	۲۶۹۸۸	۴۱۳۴۶.۵	۱۳۹۲۷۸.۴	۱۹۰۷۲
۱۳۵۱		۸۱۸۸۹۵۵	۲۸۱۵۰	۵۰۰۳۸	۱۶۲۵۵۶.۵	۱۹۰۰۷
۱۳۵۲		۸۴۰۶۹۹۰	۳۴۴۹۱	۵۶۳۰۵.۸	۱۷۴۶۶۸.۴	۲۳۲۱۵
۱۳۵۳		۸۶۲۸۹۹۰	۳۸۱۰۱۴	۶۷۴۵۱.۵	۱۹۶۵۸۱	۲۷۱۹۹
۱۳۵۴		۸۹۱۲۸۶۲	۳۶۲۶۹	۹۷۳۵۳	۲۰۶۱۱۳.۸	۲۹۳۰۱
۱۳۵۵		۹۴۴۳۳۳۴	۴۱۴۷۷	۱۲۹۵۲۴.۱	۲۴۲۳۲۶	۳۲۳۳۸
۱۳۵۶		۹۵۲۱۰۰۲	۴۳۶۱۳	۱۱۲۲۳۸.۹	۲۳۶۶۴۵.۳	۳۵۴۱۹
۱۳۵۷		۹۶۱۶۹۰۶	۴۳۲۴۳	۹۲۲۴۸.۳	۲۱۹۱۹۱	۳۳۷۳۱
۱۳۵۸		۹۸۹۱۱۱۳	۴۳۷۵۸	۶۴۲۳۸.۷	۲۰۹۹۱۹.۴	۳۷۷۳۹
۱۳۵۹		۹۹۵۲۵۳۹	۳۱۸۸۳	۶۶۸۳۹.۱	۱۷۸۱۴۹	۳۹۰۲۷
۱۳۶۰		۹۹۹۳۵۴۷	۲۹۷۷۶	۶۱۵۵۳.۸	۱۷۰۲۸۱.۲	۴۳۶۰۹
۱۳۶۱		۱۰۱۲۵۶۱۶	۳۶۵۵۴	۶۶۱۱۱.۳	۱۹۱۶۶۶.۸	۵۰۹۰۹
۱۳۶۲		۱۰۳۳۰۱۸۴	۳۹۲۰۵	۹۵۲۹۷.۱	۲۱۲۸۷۶.۵	۴۳۶۴۰
۱۳۶۳		۱۰۵۸۲۸۹۱	۳۹۴۶۶	۸۸۲۲۲.۶	۲۰۸۵۱۵.۹	۵۰۶۶۱
۱۳۶۴		۱۰۷۹۵۲۲۹	۴۲۱۲۹	۷۰۸۸۰.۸	۲۱۲۶۸۶.۳	۵۴۶۴۱
۱۳۶۵		۱۱۰۵۶۳۳۰	۳۸۷۷۳	۵۹۹۱۶.۵	۱۹۳۲۳۵.۴	۵۴۹۸۵
۱۳۶۶		۱۱۳۵۸۱۵۶	۴۱۷۴۵	۵۸۴۲۸.۱	۱۹۱۳۱۲.۴	۵۶۰۶۴
۱۳۶۷		۱۱۵۸۷۷۶۸	۴۶۱۹۰	۴۶۹۳۶.۳	۱۸۰۸۲۲.۵	۵۶۲۴۳
۱۳۶۸		۱۱۹۴۷۳۹۴	۵۰۱۹۵	۵۰۴۱۸.۳	۱۹۱۵۰۲.۶	۶۳۲۲۸
۱۳۶۹		۱۲۴۳۲۸۵۴	۵۹۵۶۸	۵۷۴۰۰.۶	۲۱۸۵۳۸.۷	۶۸۷۷۵
۱۳۷۰		۱۳۰۹۶۶۱۵	۶۱۱۱۴	۸۴۰۱۶	۲۴۵۰۳۶.۴	۷۵۴۰۷
۱۳۷۱		۱۳۳۶۸۳۴۰	۶۵۹۳۷	۸۱۰۹۰.۲	۲۵۴۸۲۲.۵	۷۶۹۶۳
۱۳۷۲		۱۳۵۰۷۴۶۹	۶۲۰۰۵	۷۲۷۲۹.۴	۲۵۸۶۰۱.۴	۸۳۱۴۶
۱۳۷۳		۱۳۷۷۱۵۶۳	۷۹۵۳۳	۶۲۳۸۹.۹	۲۵۹۸۷۶.۳	۹۱۶۹۶
۱۳۷۴		۱۴۰۸۷۴۲۹	۷۵۵۳۲	۵۹۵۶۰.۲	۲۶۷۵۳۴.۲	۹۴۵۹۹
۱۳۷۵		۱۴۵۷۱۵۷۲	۸۲۴۷۹	۷۴۴۶۵.۴	۲۸۳۸۰۶.۶	۹۵۷۸۷
۱۳۷۶		۱۴۵۹۹۵۶۲	۸۵۴۵۰	۸۳۷۶۴.۵	۲۹۱۷۶۸.۷	۹۵۱۶۵
۱۳۷۷		۱۵۱۷۶۴۸۰	۸۳۵۰۸	۸۶۴۸۵.۱	۳۰۰۱۳۹.۶	۱۰۶۶۳۰
۱۳۷۸		۱۵۸۷۴۰۸۵	۷۴۹۸۳	۹۱۵۰۵.۳	۳۰۴۹۴۱.۲	۱۱۰۹۷۰
۱۳۷۹		۱۶۲۱۹۲۲۱	۸۰۰۰۶	۹۵۲۶۷.۴	۳۲۰۰۶۸.۹	۱۱۸۶۵۰
۱۳۸۰		۱۶۶۸۹۹۱۱	۸۱۷۱۵	۱۱۰۸۶۰	۳۳۰۶۲۳.۶	۱۲۴۲۹۰
۱۳۸۱		۱۷۵۸۳۷۷۷	۱۰۰۹۳۰	۱۲۴۱۶۹	۳۵۵۲۱۸.۸	۱۳۰۳۱۰
۱۳۸۲		۱۸۲۷۳۸۷۳	۱۱۴۶۵۴	۱۳۲۸۷۵	۳۷۶۲۸۶.۱	۱۳۳۴۶۱
۱۳۸۳		۱۸۶۷۴۹۱۱	۱۱۵۹۱۲	۱۳۸۷۰۱	۴۰۱۲۸۷.۵	۱۳۷۵۹۰
۱۳۸۴		۱۹۲۱۵۹۴۷	۱۲۰۸۴۶	۱۴۷۳۹۰	۴۰۳۸۲۱.۳	۱۴۳۸۲۰

GDP: تولید ناخالص داخلی واقعی (هزار ریال)، N: نیروی کار (نفر)، K: سرمایه ثابت (هزار ریال)، CO₂: انتشار دی اکسید کربن (بر حسب تن) و EC: کل مصرف انرژی (بشکه معادل نفت خام)