مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و انتشار آلودگی: مطالعه موردی ایران

سمانه باقری[1*]

۱- گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران*

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۰
پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۶

کلمات کلیدی:
منحنی کوزنتس
مارکوف سوییچینگ
مصرف انرژی
انتشار آلودگی

چکیده

مقدمه: با توجه به این‌که ایران در رده، ده کشور با بیش‌ترین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن است، پس پژوهش در این زمینه ضرورت می‌یابد. هدف کشورها، رشد اقتصادی بالا همراه با انتشار آلودگی کم است. تخریب محیط‌زیست و تغییر اقلیم و آب و هوا از مشکلات همه کشورها است. عده‌ای بر این باورند که رشد اقتصادی منجر به تخریب محیط‌زیست می‌شود و عده‌ای دیگر این نظریه را نمی‌پذیرند. توسعه پایدار به این معنی است که نسل امروز باید نیازهای خود را بدون به خطر انداختن نسل بعدی، فراهم سازد. امروزه کشورها برای رسیدن به توسعه پایدار می‌کوشند که علاوه بر رشد اقتصادی، تخریب محیط‌زیست را به حداقل برسانند. برای رسیدن به این هدف، معاهده‌های بین‌المللی بین کشورهای جهان منعقد شده است. یکی از بحث‌های طولانی بین اقتصاددانان مصرف انرژی است. از یک سو به دلیل رشد اقتصادی و تولید کالاها، مصرف انرژی مورد نیاز است و از سوی دیگر آلودگی ناشی از مصرف این انرژی به آلودگی محیط‌زیست و تغییر اقلیم در کشورها دامن می‌زند. کشور ایران به دلیل این‌که یک کشور فروشنده نفت و گاز طبیعی است، پس کشوری است که در زمینه انرژی فسیلی دارای مزیت نسبی است. با توجه به اینکه کشور ایران در مصرف انرژی دارای مزیت نسبی است، پس پژوهش در این زمینه ضرورت می‌یابد. مصرف انرژی می‌تواند به انتشار بیش‌تر آلودگی بیانجامد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و انتشار آلودگی در ایران با استفاده از روش مارکوف سوییچینگ، حداقل مربعات معمولی کاملاً تعدیل شده و حداقل مربعات معمولی پویا و روش یوهانسن، برای دوره زمانی ۲۰۲۱-۱۹۹۴ میلادی می‌پردازد. در اکثر مطالعات انجام گرفته در زمینه ارتباط مصرف انرژی با متغیرهای عمده کلان اقتصادی، به تأثیر عوامل مؤثر بر مصرف انرژی به‌ویژه عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و انتشار آلودگی در ایران توجه نشده است.

نتایج: مطابق نتایج این پژوهش با روش سری زمانی پویا، منحنی کوزنتس تأیید شد و به این معنی است که رشد اقتصادی در ابتدا منجر به آلودگی می‌شود ولی در ادامه سبب کاهش آلودگی می‌شود. مصرف انرژی بر انتشار گاز کربنیک اثر مثبت و معنی‌داری داشته است. مطابق نتایج پژوهش، تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی اثر مثبت و معناداری بر انتشار گاز کربنیک دارد. آزادسازی تجارت بر مصرف انرژی، از اثر آن بر محیط زیست تأثیر می‌پذیرد. محیط‌زیست از سه کانال اثر مقیاس، اثر ترکیب و اثر تکنیک می‌تواند تحت تأثیر آزادسازی تجاری قرار بگیرد. اثر مقیاس، تغییر در رشد اقتصادی است و اثر ترکیب، تغییر در ساختار اقتصاد و اثر تکنیک، تغییر در روش و فن‌آوری به‌کار

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: samanehbagheri@stu.yazd.ac.ir

گرفته شده در تولید است. مطابق نتایج، تجارت اثر منفی و معناداری بر انتشار گاز کربنیک دارد. آزمون LR نشان داد که مدل غیرخطی است و از روش مارکف سوییچینگ برای برآورد مدل بهره گرفته شد.

بحث: مسائل مربوط به محیط زیست از مهمترین دغدغه کشورها است و ایجاد محیط زیست پاک از اهداف مهم کشورها است. مطابق نتایج پژوهش، با استفاده از روش مارکف سوییچینگ MS-ARMA(3,1,0) رابطه مثبت و معنی‌داری تجارت، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی با یک وقفه بر مصرف انرژی وجود دارد. به‌دلیل اثر ترکیب ایران در صنایع انرژی‌بر، مزیت نسبی یافته است و تجارت بر مصرف انرژی اثر مثبت و معنی‌داری دارد.

مقدمه

با توجه به تشدید فعالیت‌های مختلف غیرمنطقی انسان، مشکلات ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای به طور فزاینده ای برجسته می‌شود. تجمع گاز دی‌اکسیدکربن در اتمسفر مانع از خروج گرمای زمین به فضای بیرونی و در نتیجه افزایش دمای جهانی می‌شود(Badji *et al.*, 2022). دولت‌ها در سراسر جهان در نوآوری‌هایی با انتشار کربن کم شرکت می‌کنند (Dinga & Wen, 2022). بر اساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی، انتشار کربن ناشی از مصرف انرژی در سال ۲۰۲۱ به ۱/۵ میلیارد تن افزایش یافت که قابل توجه‌ترین رشد در دهه گذشته بود و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از عملیات نفت و گاز حدود ۱۵ درصد از کل مصرف انرژی را تشکیل می‌دهد (Chen *et al.*, 2023). کشورها در کنار هدف رشد اقتصادی، به کیفیت محیط‌زیست هم توجه ویژه‌ای دارند. بحث تخریب محیط‌زیست از مشکلات بسیاری از کشورهاست و معضل بسیاری از سیاست‌گذاری ملی و بین‌المللی شده است.

انتشار کربن، عامل اصلی تخریب محیط‌زیست است که ۷۵ درصد از گازهای گلخانه ای را تشکیل می‌دهد و آن‌ها را به مهم‌ترین مؤلفه اکولوژیکی تبدیل می‌کند. تلاش‌های متعددی برای رسیدگی به تخریب محیط‌زیست انجام شده است مانند توافق‌نامه تغییرات آب و هوایی پاریس که در سال ۲۰۱۵ تصویب شد و به دنبال محدود کردن گرمایش زمین به زیر ۲ درجه سانتی‌گراد است (Tang *et al.*, 2023). از معروف‌ترین منحنی‌های محیط‌زیست، منحنی کوزنتس است که به بررسی رابطه رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست می‌پردازد. کوزنتس معتقد است، رشد اقتصادی در مراحل اولیه به آلودگی محیط‌زیست منجر می‌شود و در در مراحل رشد اقتصادی بالا و در کشورهای پیشرفته منجر به بهبود محیط‌زیست می‌شود. ایران به دلیل داشتن ذخایر انرژی فسیلی، در مصرف انرژی دارای مزیت نسبی است. انرژی به عنوان نهاده مهم تولید، نقش مهمی در توسعه و رشد اقتصادی کشورها و هم‌چنین نقش مهمی در تجارت جهانی دارد. با افزایش تجارت، بسیاری از کشورهای در حال توسعه، افزایش درآمد و مصرف انرژی را تجربه کردند. تجارت تعدادی از کشورهای جهان به‌دلیل صادرات نفت، برجسته شده است. در دهه ۷۰ نفت موضوع مهمی شد، مدیران بخش انرژی به دنبال یافتن روش‌های نوین برای بهره‌وری بالاتر حامل‌های انرژی تجدیدناپذیر و جای‌گزین کردن آن‌ها با انرژی‌های تجدیدپذیر شدند. زیرا محدودیت منابع پایان‌پذیر از یک طرف و اثراتی که بر محیط‌زیست دارند از سوی دیگر، برای محیط‌زیست خطرناک است (Sadorsky, 2011.). افزایش مصرف انرژی فسیلی، می‌تواند اثرات مخربی بر محیط‌زیست داشته باشد. رابطه بین اقتصاد، انرژی و محیط‌زیست به یکی از موضوعات مهم در اقتصاد انرژی، اقتصاددانان و سیاست‌گذاران تبدیل شده است. رشد اقتصادی ارتباط تنگاتنگی با افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی دارد که منجر به این عقیده می‌شود که جهان مرفه‌تر تأثیر منفی بر محیط طبیعی، آب و هوا دارد (González-Álvarez, 2023). از شدیدترین معضلات دنیای مدرن، تغییر اقلیم و پیامدهای منفی آن بر محیط‌زیست است. به دلیل گرمایش جهانی، نگرانی فزاینده در مورد منابع کمیاب انرژی از یک سو و الگوی اقتصاد سبز، از سوی دیگر وجود دارد (Chontanawat, 2020).

آزادسازی تجارت بر مصرف انرژی، از اثر آن بر محیط زیست تأثیر می‌پذیرد. محیط‌زیست از سه کانال اثر مقیاس، اثر ترکیب و اثر تکنیک می‌تواند تحت تأثیر

آزادسازی تجاری قرار بگیرد. اثر ترکیب، اثر مقیاس و اثر تکنیک بر مصرف انرژی می‌توانند اثرگذار باشند. اثر مقیاس، تغییر در رشد اقتصادی است و اثر ترکیب، تغییر در ساختار اقتصاد و اثر تکنیک، تغییر در روش و فن‌آوری به‌کار گرفته شده در تولید است. افزایش در فعالیت اقتصادی، می‌تواند منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود، اثر مقیاس گفته می‌شود و جهت اثر ترکیب بر مصرف انرژی، به مزیت رقابتی کشورها وابسته است. کشوری با مزیت رقابتی در صنایع انرژی‌بر، آزادسازی تجاری می‌تواند سبب افزایش مصرف انرژی شود و برعکس. اثر تکنیک در بیشتر موارد سبب کاهش مصرف انرژی می‌شود. پیشرفت‌های تکنولوژی به دلیل انتقال تکنولوژی، کارایی انرژی را بهبود می‌بخشند. اثر فنی از طریق دو کانال مستقیم و غیر مستقیم می‌تواند بر انتشار آلودگی اثر داشته باشد. اثر مستقیم، به وضع قوانین دقیق و سخت‌گیرانه اشاره دارد که بعد از آزادسازی تجاری به اجرا در می‌آیند. اثر غیرمستقیم، ناشی از افزایش درآمد در نتیجه منافع تجارت، می‌تواند باشد. درآمد بالاتر، می‌تواند ترجیحات مصرف‌کننده را به علت تشویق دولت به اصلاح قوانین انرژی و محیط‌زیستی، تغییر دهد (Antweiler *et al.*, 2001). آزادسازی تجاری، شامل سیاست‌هایی است که موانع تعرفه‌ای و غیرتعرفه‌ای را برای مبادله آزاد کالاها کاهش داده و یا از بین می‌برد و هم‌چنین شامل سیاست‌هایی است که اقتصاد را به روی سرمایه‌گذاری خارجی باز می‌کند و می‌تواند رشد اقتصادی را به دلیل منافع تجارت بهبود می‌دهد (Gani, 2012). تجارت خارجی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی است و اقتصاددانان آن را موتور رشد اقتصادی می‌دانند. گسترش صادرات، تقاضای عوامل تولید را افزایش می‌دهد و سبب افزایش صادرات خواهد شد (Sadorsky, 2011). حمل و نقل عامل مهمی در مصرف انرژی محسوب می‌شود (Chousa *et al.*, 2008). از مطالعاتی که به بررسی مصرف انرژی و انتشار گاز کربنیک پرداخته‌اند می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد.

Martines و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی مصرف انرژی بر انتشار گاز کربنیک برای دوره ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۶ در ایالات متحده آمریکا پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که یک رابطه بلندمدت بین مصرف انرژی و انتشار CO_2 وجود دارد. مصرف انرژی اثر مثبت بر انتشار CO_2 دارد، در حالی که مصرف انرژی تجدیدپذیر رابطه منفی با انتشار CO_2 دارد.

Acheampong (۲۰۱۸) به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، انتشار کربن و مصرف انرژی برای ۱۱۶ کشور در دوره ۱۹۹۰-۲۰۱۴ با روش خودرگرسیون بردار پانل (PVAR) و گشتاور تعمیم‌یافته سیستمی (System-GMM) پرداختند. نتایج نشان داد، در سطح جهانی و منطقه‌ای، رشد اقتصادی، باعث مصرف انرژی نمی‌شود. به استثنای آمریکا و کشورهای کارائیب-لاتین، رشد اقتصادی تأثیر علی بر انتشار کربن ندارد، با این حال، رشد اقتصادی تأثیر منفی بر انتشار کربن در سطح جهانی و کارائیب-آمریکای لاتین دارد. مصرف انرژی، اثر مثبت بر رشد اقتصادی در جنوب صحرای آفریقا دارد، در حالی که اثر منفی بر رشد اقتصادی جهانی، خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA)، آسیا-اقیانوسیه و کارائیب-آمریکای لاتین دارد. مصرف انرژی اثر مثبت بر انتشار کربن در MENA دارد و باعث انتشار کربن در جنوب صحرای آفریقا و کارائیب-آمریکای لاتین می‌شود. Moutinho و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی عوامل تعیین کننده منحنی محیط‌زیست کوزنتس با توجه به تنوع بخش فعالیت اقتصادی در کشورهای اوپک، با استفاده از داده‌های سالانه ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۵ و روش پانل است. نتایج به جابجایی بخش‌های آلودگی به همه کشورهای اوپک اشاره دارد. برای همه کشورها، یک رابطه U شکل برقرار است که نشان می‌دهد رشد اقتصادی در کشورهای تولید کننده و صادر کننده نفت، تخریب محیط‌زیست را افزایش می‌دهد. درحالی‌که مصرف انرژی آسیب‌های محیط‌زیستی را افزایش می دهد، به نظر می رسد فضای باز تجاری تأثیر قابل توجه و منفی بر انتشار دارد و منجر به بهبود محیط زیست می شود. Hosseini (۲۰۱۹) به پیش‌بینی انتشار گازکربنیک در ایران بر پایه سری زمانی و آنالیز رگرسیون، با روش رگرسیون خطی چندگانه (MLR)[1] و رگرسیون چند جمله‌ای چندگانه برای کشور ایران، در سال ۲۰۳۰ میلادی تحت فرضیات دو سناریو، تجارت به صورت معمولی (BAU)[2] و برنامه ششم توسعه (SDP)[3] پرداختند

[1] Multiple Polynomial Regression
[2] Business As Usual
[3] Sixth Development Plan

و نتایج نشان داد، ایران به توافق‌نامه پاریس تحت مفروضات BAU، به احتمال زیاد عمل نخواهد کرد و با اجرای SDP، هدف برنامه توسعه برنامه ششم توسعه را تا پایان سال ۲۰۱۸ میلادی می‌تواند برآورده سازد. Nunejad و Roozitalab (۲۰۱۸) به بررسی رشد اقتصادی و مصرف انرژی بر آلودگی محیط‌زیست در دروه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۵۸ با روش ARDL پرداختند. مطابق نتایج، فرضیه منحنی کورنتس در ایران تأیید شد. آزادسازی تجارت، تولید برق، مصرف گاز طبیعی و سرمایه‌گذاری اثر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی محیط زیست دارد. در این پژوهش به دنبال پاسخ به این سؤال هستیم، چه عواملی بر مصرف انرژی در ایران، مؤثر است؟ آیا تجارت و تولید ناخالص داخلی اثر مثبت و معنی‌داری بر مصرف انرژی دارد؟ هدف از انجام تحقیق، بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و انتشار آلودگی در ایران با استفاده از روش‌های پویایی و Markov-Switching است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از روش‌های حداقل مربعات معمولی کاملاً تعدیل شده (FMOLS)[4]، روش حداقل مربعات معمولی پویا[5]، Markov-Switching و Johansen بهره گرفته شده است. در این پژوهش، بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی در ایران با استفاده از روش‌های حداقل مربعات معمولی کاملاً تعدیل شده، روش حداقل مربعات معمولی پویا و یوهانسن برای دوره زمانی ۲۰۲۱-۱۹۹۴ پرداخته می‌شود. در این پژوهش، عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی از روش Markov-Switching بهره گرفته شده است. داده‌های این پژوهش از بانک جهانی به دست آمده است. در ادامه به توضیح روش‌ها پرداخته می‌شود.

حداقل مربعات معمولی کاملاً تعدیل شده: به تخمین مدل رگرسیون با استفاده از متغیرهای نامانا، رگرسیون کاذب گفته می‌شود. تقاضل‌گیری از متغیرها در مدل، یکی از راه‌های اجتناب از رگرسیون کاذب است. می‌توان روش FMOLS را مطرح کرد. روش FMOLS را می‌توان یک برآورد بهینه بردار هم‌انباشتگی نشان داد. روش FMOLS برای تخمین رگرسیون هم‌انباشته معرفی شد.

(۱)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_t' X_t + u_t \qquad t=1,2,...,n$$

X_t با یک تفاضل‌گیری به ایستایی می‌رسد و به صورت زیر نشان داده می‌شود.

(۲)

$$\Delta X_t = \mu + v_t \qquad t=2,3,...,n$$

μ یک بردار k×۱ با پارامترهای جریان و v_t یک بردار k× ۱، با I(0) است.

فرض می‌شود $\xi_t = (u_t, v_t')'$ است، ایستا و دارای میانگین صفر و بی‌نهایت مثبت است. Σ ماتریس کوواریانس می‌باشد. تخمین β در دو مرحله انجام می‌شود. در مرحله اول Y_t در بلندمدت اصلاح می‌شود و به v_t و u_t وابسته می‌باشد.

(۳)

$$\xi_t = \begin{pmatrix} \hat{u}_t \\ \hat{v}_t \end{pmatrix} \qquad t=2,3,...,n$$

$\widehat{v_t} = \Delta X_t - \hat{\mu}$ برای t=۲،۳،...،n است.

(۴)

$$\hat{\Omega} = \widehat{\Sigma} = \hat{\Lambda} + \Lambda' = \begin{bmatrix} {}_1\Omega\hat{}_1 \times {}_1\hat{\Omega}_{11} & {}_1\Omega\hat{}_1 \times {}^k\hat{\Omega}_{12} \\ {}^k\Omega\hat{}_1 \times {}_1\hat{\Omega}_{21} & {}^k\Omega\hat{}_2 \times {}^k\hat{\Omega}_{22} \end{bmatrix}$$

(۵)

$$\hat{\Sigma} = \frac{1}{n-1}\sum_{t-2}^{n} \hat{\xi}_t \hat{\xi}_t, \hat{\Lambda} = \sum_{s-1}^{m} w(s,m)\hat{\Gamma}_s, \hat{\Gamma}_s = n^{-1}\sum_{t-1}^{n-s} \hat{\xi}_t \hat{\xi}_{t+s}'$$

(۶)

$$\hat{\Delta} = \widehat{\Sigma} = + \widehat{\Lambda} = \begin{bmatrix} \hat{\Delta}_{11} & \hat{\Delta}_{12} \\ \hat{\Delta}_{21} & \hat{\Delta}_{22} \end{bmatrix}$$

(۷)

$$\hat{Z} = \hat{\Delta}_{21} - \hat{\Delta}_{22}\hat{\Omega}_{22}^{-1}\hat{\Omega}_{21}$$

(۸)

$$\hat{Y}_t^* = Y_t - \hat{\Omega}_{21}\hat{\Omega}_{22}^{-1}\hat{v}_t$$

(۹)

$$(k+1)^D \times k = \begin{bmatrix} 1^0 & k^0 \\ k^{Ik} & k^{I_k} \end{bmatrix}$$

[4]Full Modified Ordinary Least Squares
[5] DOLS

در مرحله دوم تخمین‌زننـده FM-OLS، β بـه صـورت زیـر بیان می‌شود.

(۱۰)

$$\hat{\beta}_* = (W'W)^{-1}(W'\hat{Y}^* - nD\hat{Z})$$

(۱۱)

$$\hat{Y}^* = (\hat{Y}^*, \hat{Y}^*, \dots, \hat{Y}^*_n)', w = (\tau_n, X), \tau_n = (1, 1, \dots, 1)'$$

اگرچه FMOLS ارتباط دو جهتی متغیرها در بلندمدت را مشخص می‌کند، این‌که چگونه هریک از متغیرها به شوک‌ها پاسخ در مقابل متغیرهای دیگر منجر به‌پاسخ آن‌ها در بلندمدت می‌شود، را مشخص نمی‌کند. از مدل VAR استفاده می‌کنیم:

(۱۲)

$$Z_t = A\sum_{i}^{p}\varphi_i Z_{t-1} + \varepsilon_t$$

Z_t عامل m×۱ و تعیین‌کننده متغیرهای درون‌زا می‌باشد. ϕ_1 تا ϕ_2، (m×m) و ضرایب ماتریس می‌باشند. A عامل ثابت و ε_t (m×۱)، عامل توزیع با کوورایانس $\sum = \gamma_{ij}, ij = 1,2, \dots, m$ است. پاسخ محرک آنی Z_{t+n} با توجه به یک شوک متغیر j ام، در زمان t، به‌وسیله این عبارت $(\delta_{ij})^{-1}(H_n \sum e_j)$ نشان داده می‌شود. جایی که:

(۱۳)

$$H_n = \phi_1 H_{n-1} + \phi_2 H_{n-2} + \cdots + \phi_p H_{n-p}$$

n=۲،۱،...

$H_0 = 1, H_n = 0$ برای n<0 و e_j، (m×۱)، با j ام عامل همراه می‌شود (Sabbori *et al*., 2012).

روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS): با توجه به رابطه هم‌جمعی بلندمدت متغیرها، می‌توان با روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) مدل را تخمین زد. رگرسیون، برآوردکننده به شکل زیر است.

(۱۴)

$$\hat{\beta}^*_{GD} = \left[N^{-1}\left(\sum_{t=1}^{T} z_{it} z'_{it}\right)^{-1}\left(\sum_{t=1}^{T} z_{it}\tilde{S}_{it}\right)\right] + \varepsilon^*_{it}$$

که در آن Z_{it}، عامل $2(K+1)\times 1$ رگرسور

(۱۵)

$$\tilde{S}_{it} = S_{it} - \bar{S}_{it}, Z_{it} = (X_{it} - \bar{X}_i, \Delta X_{it-K}, \dots, \Delta X_{it+K})$$

در برآوردکننده DOLS، مجموع بیان شده برای مقاطع در رابطه اول یکسان می‌باشد. برآوردکننده DOLS را می‌توان به این صورت نوشت $\hat{\beta}^*_{GD} = N^{-1}\sum_{i=1}^{N}\beta^*_{D,i}$، که در آن $\beta^*_{D,i}$ برآوردکننده متعارف DOLS برابر عبارت زیر است (Sadeghi & Eslami 2011).

(۱۶)

$$t\beta^*_{GD} = N^{-\frac{1}{2}}\sum_{i=1}^{N} t\beta^*_{D,i}, t\beta^*_{D,i} = (\beta^*_{D,i} - \beta)\left(\hat{\sigma}_i^{-2}\sum_{t=1}^{T}(X_{it} - \bar{X}_i)^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

مارکف سوییچینگ: در مدل‌های مارکف سوییچینگ، فرآیند سری زمانی را تابعی از یک متغیر تصادفی غیرقابل مشاهده (S_t) فرض می‌کنند که رژیم نام دارد که در تاریخ t فرآیند سری زمانی مورد نظر قرار داشته است. S_t یک متغیر تصادفی است که فقط مقادیر صحیحی به خود می‌گیرد. احتمال این‌که S_t برابر مقدار خاص j باشد، فقط به مقدار گذشته دوره قبل بستگی داشته باشد، آن‌گاه:

(۱۷)

$$P\left\{S_t = \frac{j}{S_{t-1}} = i, S_{t-2} = k, \dots, S_{t-n} = n\right\} = P\left\{S_t = \frac{j}{S_{t-1}} = i\right\} = P_{ij}$$

چنین فرآیندی یک زنجیره مارکوف با n رژیم با احتمال‌های گذار P_{ij} است که، P_{ij} است که، احتمال انتقال از رژیم i ام به j را نشان می‌دهد (Hamilton, 1989).

نتایج

در این بخش به بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن با استفاده از روش‌های پویایی و مارکوف سوییچینگ پرداخته می‌شود.

نتایج حاصل از برآورد مدل عوامل مؤثر بر مصرف انرژی: در این بخش نتایج مدل معرفی شده با استفاده از روش نشان داده می‌شود. مدل پژوهش برگرفته از مطالعات Shahbaz و همکاران (۲۰۱۵) و Li and Lin (۲۰۱۵) می‌باشد.

(۱۸)

$$LENERGY_t = CONSTANT + LENERGY_{t-1} + LGDP_t + LTRADE_t + U_t$$

در رابطه (۱۸)، LGDP تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی به قیمت ثابت ۲۰۰۵، LENERGY لگاریتم مصرف انرژی بر حسب کیلوگرم، LTRADE لگاریتم تجارت آزاد است. داده های این پژوهش از بانک جهانی به دست آمده است.

جدول ۱- برآورد مدل با روش MS-ARMA (3,1,0)

متغیر	ضریب	انحراف معیار	t-value	t-probe
$LENERGY_{t-1}$	۰/۸۶	۰/۰۰	۲۵	۰/۰۰
LTRADE	۰/۱۲	۰/۰۰	۱۸	۰/۰۰
LGDP	۰/۵۵	۰/۰۰	۶۷	۰/۰۰
CONSTANT (0)	۱/۱۳	۰/۳	۳۴	۰/۰۰
CONSTANT (1)	۱/۱۰	۰/۳	۳۳	۰/۰۰
CONSTANT (3)	۱/۱۱	۰/۳	۳۴	۰/۰۰

مطابق جدول ۱ متغیر لگاریتم مصرف انرژی با یک وقفه، اثر مثبت و معنی‌داری با مصرف انرژی دوره بعد دارد، لگاریتم تجارت اثر مثبت و معنی‌داری بر مصرف انرژی دارد و لگاریتم تولید ناخالص داخلی، اثر مثبت و معنی‌داری بر مصرف انرژی دارد و در مدل برآوردی، ضرایب ثابت موافق رژیم هستند. CONSTANT در جدول ضرایب عرض از مبدأ هستند.

جدول ۲- آزمون LR

آماره آزمون	آزمون LR
۰/۰۰	۲۶/۹۴

مطابق با جدول ۲ احتمال آزمون LR کم‌تر از ۵ درصد است و نشان می‌دهد که برآورد مدل غیرخطی پذیرفته می‌شود و می‌توان از روش Markov-Switching بهره برد.

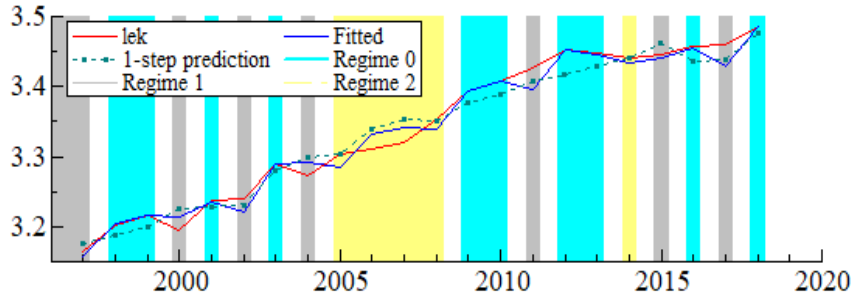
جدول ۳- ماتریس احتمال انتقال

Sigma (0)	۰/۰۰
Sigma (1)	۰/۰۲
Sigma (2)	۰/۰۱
P (0|0)	۰/۳۱
P (1|0)	۰/۵۴
P (0|1)	۰/۸۴
P (1|2)	۰/۳۴
P (2|2)	۰/۴۷

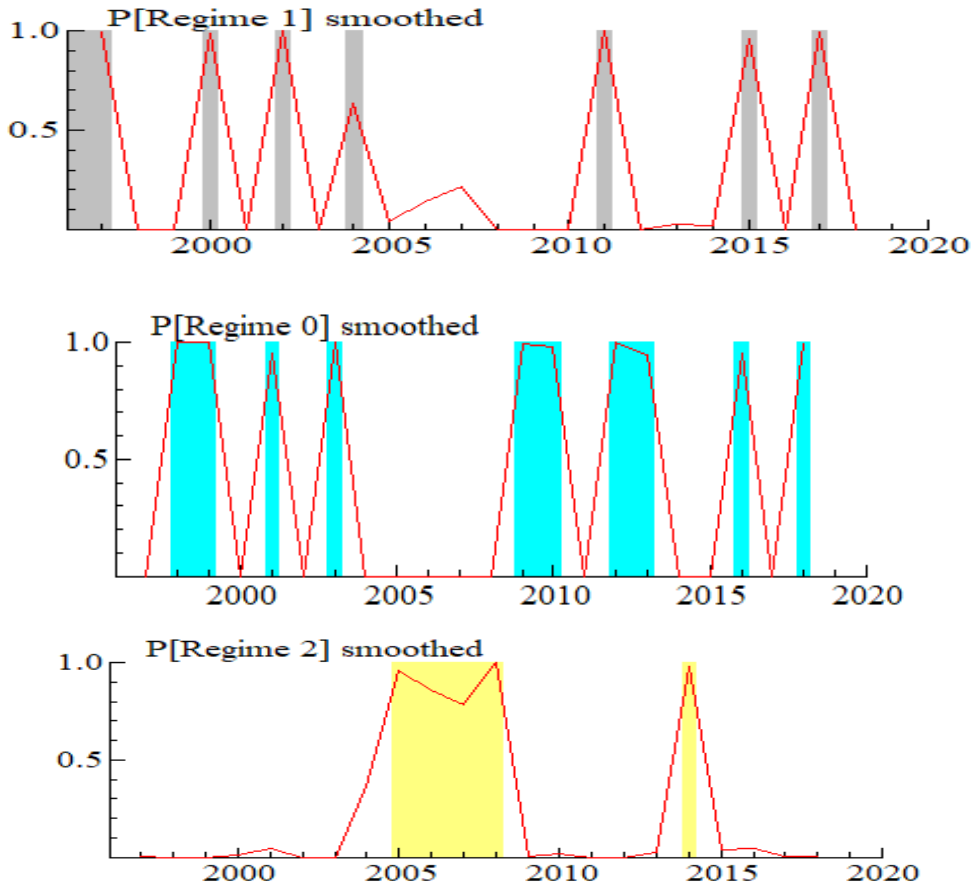
مطابق جدول ۳ بر اساس ماتریس احتمالات انتقال، احتمال ماندن در رژیم صفر ۳۱ درصد، احتمال ماندن در رژیم یک، ۴۶ درصد، احتمال انتقال از رژیم صفر به یک، ۸۴ درصد است و ماتریس احتمال انتقال از رژیم یک به رژیم دو ۳۴ درصد است و احتمال ماندن در رژیم دو معادل ۴۷ درصد است.

در شکل ۱ رژیم مصرف انرژی در قالب سه رژیم، مصرف انرژی بالا، پایین و برابر نشان داده شده است. سه رژیم با رنگ‌های آبی، خاکستری و زرد در شکل نشان داده شده‌اند که در شکل ۲ به تفکیک هر سه رژیم نشان داده می‌شوند. در شکل ۱ رژیم‌های مصرف انرژی در طی سال‌ها نشان داده شده است.

در شکل ۲ احتمالات فیلتر شده در رژیم‌های مصرف انرژی نشان داده شده است. قسمت‌های خاکستری رنگ در شکل ۲ رژیم ۲ در شکل ۱ می‌باشد و قسمت های آب رنگ در شکل ۲ رژیم ۱ در شکل ۱ و قسمت‌های زرد رنگ در شکل ۲ رژیم ۳ در شکل ۱ می‌باشد. در شکل ۲ رژیم‌های مصرف انرژی در طی سال‌ها به تفکیک هر رژیم نشان داده شده است.



شکل ۱- بررسی رژیم‌های مصرف انرژی



شکل ۲- احتمالات هموار شده مصرف انرژی به ترتیب در رژیم یک، دو و سه

نتایج حاصل از برآورد مدل عوامل مؤثر بر انتشار

آلودگی: در این بخش نتایج مدل معرفی شده با استفاده از روش FMOLS، DOLS و Johansen نشان داده می‌شود. مدل زیر برگرفته از پژوهش‌های Halicioglu (۲۰۰۹)، Apergis و Payne (۲۰۰۹) و Pao و Tsa (۲۰۱۰) برای دوره زمانی ۲۰۲۱-۱۹۹۴ است.

(۱۹)

$$LCOt= \beta0 +\beta1\ Lenergyt +\beta2\ Lgdpt + \beta3\ (Lgdp)\ 2t + \beta4\ Lfdt +\beta5\ Ltradet+\beta6\ Lfdit + Ut$$

در رابطه (۱۹)، GDP تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی به قیمت ثابت ۲۰۰۵، $(LGDP)_2$ مجذور لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه حقیقی به قیمت ثابت ۲۰۰۵، Lenergy، لگاریتم مصرف انرژی، LCO لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن بر حسب کیلوتن، Lfd لگاریتم اعتبار

داخلی به بخش خصوصی به‌وسیله بانک‌ها (درصد از تولید ناخالص داخلی)، Ltrade لگاریتم تجارت آزاد و Lfdi لگاریتم سرمایه‌گذاری خارجی و U جمله خطا است. ابتدا به بررسی هم‌جمعی متغیرهای مدل در بلندمدت پرداخته می‌شود.

جدول-۴ آزمون اثر

	Eigenvalue	Trace Statistic	0/05 Critical Value
None	۰/۹۸	۱۹۳/۹۰	۹۵/۷۵
At most1	۰/۸۸	۱۰۷/۷۸	۶۹/۸۱
At most2	۰/۸۵	۷۵/۳۸	۴۷/۸۵
At most3	۰/۶۱	۳۸/۶۰	۲۹/۷۹
At most4	۰/۵۵	۱۹/۱۴	۱۵/۴۹
At most5	۰/۱۳	۲/۸۱	۳/۸۴

جدول۵- آزمون مقادیر ویژه

	Eigenvalue	Trace Statistic	0/05 Critical Value
None	۰/۹۸	۷۸/۷۰	۴۰/۰۷
At most1	۰/۸۸	۴۲/۸۱	۳۳/۸۹
At most2	۰/۸۴	۳۷/۱۷	۲۷/۵۸
At most3	۰/۶۱	۱۹/۴۶	۲۱/۱۳
At most4	۰/۵۵	۱۶/۳۶	۱۴/۲۶
At most5	۰/۱۳	۲/۸۱	۳/۸۴

آزمون هم‌جمعی مطابق جدول‌های ۵ و ۴ نشان داد، متغیرهای تحقیق در بلندمدت هم‌جمع هستند و می‌توان از روش FMOLS، DOLS و Johansen بهره برد.

جدول ۶- برآورد مدل با روش FMOLS با سه وقفه بهینه

متغیر وابسته LCO	مقدار برآورد پارامترها	خطای استاندارد	t-statistic	Prob
lfd	۰/۲۹	۰/۰۸	۳/۴۳	۰/۰۰
LGDP	۰/۶۰	۰/۱۲	-۴/۹۱	۰/۰۰
$(LGDP)^2$	-۱/۷۰	۲/۷۶	-۶/۱۴	۰/۰۰
LENERGY	۱/۰۶	۰/۱۳	۸/۰۷	۰/۰۰
LTRADE	-۰/۲۰	۰/۰۹	-۲/۲۱	۰/۰۴
LFDI	-۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۶۷	۰/۵۱
R^2 =۰/۹۸				

مطابق جدول ۶، تجارت آزاد اثر منفی و معنی‌دار بر انتشار گاز کربنیک داشته است، به‌طوری‌که افزایش یک درصد تجارت آزاد سبب کاهش ۰/۲۰ درصد انتشار گاز کربنیک در ایران می‌شود و افزایش یک درصد تولید ناخالص داخلی سبب افزایش ۰/۶۰ درصد انتشار گازکربنیک می‌شود و افزایش یک درصد در افزایش مصرف انرژی سبب افزایش ۱/۰۶ درصد انتشار گاز کربنیک و افزایش یک درصد در توسعه مالی (اعتباردادخلی به بخش خصوصی (درصد از تولید ناخالص داخلی) سبب افزایش ۰/۲۹ درصد انتشار گاز کربنیک در ایران می‌شود و متغیر سرمایه‌گذاری خارجی معنادار نشد.

جدول ۷- برآورد مدل با روش DOLS با سه وقفه بهینه

متغیر وابسته LCO	مقدار برآورد پارامترها	خطای استاندارد	t-statistic	Prob
lfd	۰/۳۳	۰/۰۸	۳/۵۲	۰/۰۰
LGDP	۰/۶۰	۰/۱۲	-۴/۹۶	۰/۰۰
$(LGDP)^2$	-۱/۷۸	۳/۰۸	-۵/۷۵	۰/۰۰
LENERGY	۱/۰۲	۰/۱۳	۸/۰۷	۰/۰۰
LTRADE	-۰/۱۹	۰/۰۹	-۱/۹۴	۰/۰۶
LFDI	-۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۶۷	۰/۵۰
R^2 =۰/۹۸				

مطابق جدول ۷ تجارت آزاد اثر منفی و معنی‌دار بر انتشار گاز کربنیک داشته است، به‌طوری‌که افزایش یک درصد تجارت آزاد سبب کاهش ۰/۱۹ درصد انتشار گاز کربنیک و افزایش یک درصد تولید ناخالص داخلی سبب ۰/۶۰ درصد انتشار گازکربنیک می‌شود و افزایش یک درصد مصرف انرژی سبب ۱/۰۲ درصد انتشار گاز کربنیک، افزایش یک درصد در توسعه مالی سبب ۰/۳۳ درصد انتشار گازکربنیک در ایران می‌شود و متغیر سرمایه‌گذاری خارجی معنادار نشد. پس از این‌که آزمون‌های اثر و مقادیر ویژه رابطه بین متغیرها را در بلندمدت تأیید کردند، می‌توان از روش Johansen بردار بلندمدت رابطه بین متغیرها را برآورد کرد.

جدول ۸- برآورد ضرایب بلندمدت به روش Johansen

متغیر	LENERGY	LGDP	$(LGDP)^2$	LTRADE	lfd	LFDI	C
ضرایب	۰/۶۸	۰/۸۱	-۲/۰۳	-۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۰۰	-۲/۹۰

طبق جدول ۸ منحنی کوزنتس تأیید می‌شود، زیرا علامت بردار مجذور لگاریتم تولید ناخالص داخلی منفی می‌شود و هم‌چنین ضریب این بردار صفر نمی‌باشد. بردار مربوط به مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی، توسعه مالی مثبت و معنی‌دار است ولی بردار تجارت آزاد منفی و معنی‌دار و در راستای تحقیقات انجام شده می‌باشد. بردار سرمایه‌گذاری خارجی صفر شد و معنادار نمی‌باشد.

بحث

در این پژوهش تجارت آزاد اثر منفی بر انتشار گاز کربنیک بوده است که مطابق مطالعات Jalil و Mahmud (۲۰۰۹) و Shahbaz و همکاران (۲۰۱۳) است. تجارت دلیل این که سبب کاهش رشد آلاینده‌ها می‌شود، کیفیت محیط‌زیست را بهبود می‌دهد. در اثر آزادسازی تجاری، اثر مقیاس به افزایش تخریب محیط‌زیست و اثر فن‌آوری منجر به کاهش تخریب محیط‌زیست می‌شود. اعتبار داخلی به بخش خصوصی (درصد از تولید ناخالص داخلی) به عنوان معیار توسعه مالی مطابق با مطالعات Ziaei (۲۰۱۵)، Shahbaz و همکاران (۲۰۱۳)، Al.Mulali و Che Sab (۲۰۱۲)، Saidi و Mbarek (۲۰۱۶) و Boutabba (۲۰۱۴) در نظر گرفته شد. اثر مثبت توسعه مالی، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن با مطالعات Dogan و Turkek (۲۰۱۵) و می‌باشد. اثر مثبت مصرف انرژی بر انتشار گاز کربنیک با مطالعه Salary و همکاران (۲۰۲۱)، مطالعه Zou و Zhang (۲۰۲۰)، Martins و همکاران (۲۰۲۱) و Rahman و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد. اثر مثبت توسعه مالی، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن مطابق با مطالعات Shahbaz و همکاران (۲۰۱۳) و Nguyen و همکاران (۲۰۲۱) می‌باشد. اثر مثبت تولید ناخالص داخلی، توسعه مالی و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن مطابق با مطالعات Al Mulali و همکاران (۲۰۱۵) می‌باشد. اثر مثبت توسعه مالی بر مصرف انرژی مطابق با مطالعات Coban و Topcu (۲۰۱۳) می‌باشد. لگاریتم تولید ناخالص داخلی اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد که مطابق مطالعات Iwata و همکاران (۲۰۱۱)، Narayan و Narayan (۲۰۱۰) و Ara Begum و همکاران (۲۰۱۵) می‌باشد. با توجه به این‌که در این پژوهش مجذور لگاریتم تولید ناخالص داخلی معنادار شد، می‌توان تولید و رشد اقتصادی را در ایران پیشنهاد داد، زیرا رشد اقتصادی و آلودگی، رابطه منفی دارند. در کشورهای در حال توسعه، توسعه مالی سبب افزایش تولید و رشد اقتصادی می‌شود که این امر سبب افزایش مصرف انرژی می‌شود. توسعه مالی با جذب سرمایه مستقیم خارجی و تکنولوژی بالاتر و تکنولوژی سازگار با محیط‌زیست می‌گردد. Hamdi و همکاران (۲۰۱۴) از سرمایه گذاری خارجی به عنوان متغیر مؤثر بر انتشار گاز کربنیک بهره بردند. تجارت از طریق سه عامل، اثر ترکیب، تکنیک و فن‌آوری بر مصرف انرژی اثرگذار است. در اثر فن آوری و تکنیک، تجارت آزاد سبب کاهش مصرف انرژی می‌شود. تنها اثر ترکیب سبب افزایش مصرف انرژی می‌شود. به‌دلیل اثر ترکیب، این کشورها در صنایع انرژی‌بر، مزیت نسبی یافته‌اند و تجارت آزاد بر مصرف اثر مثبت دارد. با توجه به رابطه مثبت تجارت آزاد، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی در ایران لازم است با اتخاذ سیاست‌های سازگار با نقش انرژی در بخش تجارت در زمینه توسعه پایدار گام برداشت و زمینه رشد و توسعه اقتصادی را فراهم نمود.

با توجه به این پژوهش که توسعه مالی اثر مثبت و معنی داری بر انتشار گاز کربنیک و مصرف انرژی دارد، می‌توان پیشنهاد داد با گسترش بخش تحقیق راه‌کارهایی در کاهش آلودگی ارائه داد و سمت و سو دادن به توسعه مالی به سوی صنایع سازگار با محیط‌زیست و سعی در جذب سرمایه‌گذاری خارجی برای ایجاد صنایع پاک و کاهش صنایع آلاینده را می‌توان پیشنهاد داد. کشور ایران دارای منابع عظیم انرژی بوده و از این نظر دارای مزیت نسبی هستند. لذا ضروری است با اتخاذ سیاست‌های

مناسب از جمله اصلاح قیمت حامل های انرژی زمینه‌های استفاده بهینه از انرژی و سوق دادن منابع به سمت صنایع پاک فراهم شود و از آن‌جا که مصرف انرژی اثر مثبت بر انتشار آلودگی در این کشورها داشته است، افزایش کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی و استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر توصیه می‌شود.

منابع

1. **Acheampong, A.O., 2018.** Economic growth, CO_2 emissions and energy consumption: what causes what and where? Energy Economics, 74, 677-692.
2. **Al. Mulali, U. and Che Sab., 2012.** The Impact of Energy Consumption and CO_2 Emission on The Economic and Financial Development in The Sub Sahran African Countries. Energy. 39: 180-186.
3. **Al. Mulali, U., Ozturk, I. and Lean, H., 2015.** The Influence of Economic Growth, Urbanization, Trade Openness, Financial Development and Renewable Energy on Pollution in Europe. Energy. 35-56.
4. **Ang, J., 2009.** CO_2 Emissions, Research and Technology Transfer in China, Ecological Economics, 68: 2658-2665.
5. **Ang, J.B. 2007.** CO_2 emissions, energy consumption and output in France. Energy Policy, 35(10), 4772-4778.
6. **Antweiler, W., Copland, B. and Taylor, W., 2001.** Is Free Trade Good for The Environment? American Economic Review, 91(4):877-908.
7. **Apergis, N. and Payne, J., 2010.** CO_2 Emissions, Energy Usage and Output in Central American. Energy Policy, 37:3282-3286.
8. **Ara Begum, R., Sohag, K., Syed Abdullah, S.M. and Jaffar, M. 2015.** CO_2 Emissions, Energy Consumption and Population Growth in Malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41: 594-601.
9. **Badji, A., Benseddik, A., Bensaha, H., Boukhelifa, A. and Hasrane, I., 2022.** Design, technology, and management of greenhouse: A review. Journal of Cleaner Production, 133753.
10. **Boutabba, M.A., 2014.** The Impact of Financial Development, Income, Energy and Trade on Carbon Emission: Evidence from The Indian Economy, Economic Modelling. 40: 33-41.
11. **Chen, J., Wang, W., Sun, W., Jiao, Y., He, Y., Li, D. and Gong, J., 2023.** Tapping into the potential CO_2 emission reduction of a crude oil transportation system from carbon footprint perspective. Journal of Cleaner Production, 413, 137409.
12. **Chontanawat, J., 2020.** Relationship between energy consumption, CO2 emission and economic growth in ASEAN: Cointegration and causality model. Energy Reports, 6, 660-665.
13. **Chousa, J.P., Tamazian, A. and Vadlamannati, K.C., 2008.** Rapid Economic Growth at The Cost of Environment Degradation? Panel Data Evidence from BRIC Economics. William Davidson Institute Working Paper No 908.
14. **Coban, S. and Topcu, M., 2013.** The Nexus Between Financial Development and Energy Consumption in EU: A Dynamic Panel Data Analysis. Energy Economic. 39: 81-88.
15. **De Bruyn, S.M., Van Den Bergh, J.C. and Opschoor, J.B., 1998.** Economic Growth and Emissions: Reconsidering the Empirical Basis of Environment Kuznets Curves. Ecological Economics. 25: 161-175.
16. **Dinga, C.D. and Wen, Z., 2022.** China's green deal: can China's cement industry achieve carbon neutral emissions by 2060. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 155, 111931.
17. **Dogan, E. and Turkekul, B., 2015.** CO_2 Emission, Real output, Energy Consumption, Trade, Urbanization and Financial Development: Testing the EKC Hypothesis for the USA. Environ Sci Pollut Res. 60-75.
18. **Ghani, G.M., 2012.** Does Trade Liberalization Effect Energy Consumption? Energy Policy.43: 285-290.
19. **González-Álvarez, M.A. and Montañés, A., 2023.** CO_2 emissions, energy consumption, and economic growth: Determining the stability of the 3E relationship. Economic Modelling, 121, 106195.
20. **Halicioglu, F., 2009.** An Econometric Study of CO_2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey. Energy Policy, 37: 1156-1164.
21. **Hamdi, H., Sbia, R. and Shabaz, M., 2014.** The Nexus Between Electricity Consumption and Economic Growth in Bahrain. Economic Modelling. 38: 227-237.
22. **Hamilton, J.D.1989.** A New Approach to The Economic Analysis of Nonstationary Time Series and The Business Cycle.

23. **Hosseini, S.M., Saifoddin, A., Shirmohammadi, R. and Aslani, A., 2019.** Forecasting of CO_2 emissions in Iran based on time series and regression analysis. Energy Reports.5: 619-630.
24. **Iwata, H., Okada, K. and Samreth, S., 2011.** A Note on The Environmental Kuznets Curve for CO_2: A Pooled Mean Group Approach. Applied Energy. 88: 1986-1996.
25. **Jalil, A. and Mahmud, S., 2009.** Environmental Kuznets Curve for CO_2 Emissions: A Cointegration Analysis for China. Energy Policy.35: pp.5167-5172.
26. **Jones, D., 1989.** Urbanization and Energy. RCF Economic and Financial Consuiting, Inc. Chicago. United State.
27. **Li, K. and Lin, B., 2015.** Impact of Urbanization and Industrialization on Energy Consumption/ CO_2 Emissions: Does the Level of Development Matter. Renewable and Sustainable Energy Review, 52: 1107-1122.
28. **Li, Z., Song, Y., Zhou, A., Liu, J., Pang, J. and Zhang, M., 2020.** Study on the pollution emission efficiency of China's provincial regions: The perspective of Environmental Kuznets curve, Journal of Cleaner Production, 263: 121497.
29. **Marin, G., 2010.** Sector CO_2 and SO Emissions Efficiency and Investment: Homogeneous vs Heterogeneous Estimates using the Italian.
30. **Martins, T., Barreto, A.C., Souza, F.M. and Souza, A.M., 2021.** Fossil fuels consumption and carbon dioxide emissions in G7 countries: Empirical evidence from ARDL bounds testing approach. Environmental Pollution, 291, 118093.
31. **Moutinho, V., Madaleno, M. and Elheddad, M., 2020.** Determinants of the Environmental Kuznets Curve considering economic activity sector diversification in the OPEC countries. Journal of Cleaner Production. 271: 122642.
32. **Narayan, P.K. and Narayan, S., 2010.** Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: Panel Data Evidence from Developing Countries. Energy Policy. 661- 666.
33. **Nguyen, D.K., Huynh, T.L.D. and Nasir, M.A., 2021.** Carbon emissions determinants and forecasting: Evidence from G6 countries. Journal of Environmental Management, 285, 111988.
34. **Nunejad, M. and Roozitalab, A., 2018.** The Effects of Economic Growth and Energy Consumption on Environmental Pollution: A Case Study of Iran. Quarterly Journal of Environmental Economics and Natural Resources. 3(2): 99-124.
35. **Pao, H.T. and Tsa, C.M., 2010.** CO_2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in BRIC Countries, Energy Policy. 38: 7850-7860.
36. **Rahman, M.M., Alam, K. and Velayutham, E., 2022.** Reduction of CO_2 emissions: The role of renewable energy, technological innovation, and export quality. Energy Reports, 8, 2793-2805.
37. **Saboori, B., Sulaiman, J. and Mohd, S., 2012.** Economic Growth and CO_2 Emissions in Malaysia: A Cointegration Analysis of The Environmental Kuznets Curve. Energy Policy, 51 :184–191.
38. **Sadeghi, H. and Eslami Argoly, M., 2011.** Economic Growth and Environmetal pollution in countries Adhering to the KYOTO PROTOCOL. Energy Economics Review. 30.1-32.
39. **Sadorsky, P., 2011.** Energy Consumption, Output and Trade in The Middle East. Energy Economics, 38(5):739-749.
40. **Sadorsky, P., 2011.** Trade and Energy Consumption in Middle East. Energy Economics. 33: 739-749.
41. **Sadorsky, P., 2009.** Renewable Energy Consumption, CO_2 Emission and Oil Prices in the G7 Countries. Energy Economics, 31: 456-462.
42. **Saidi, K. and Hammami, S., 2015.** The Impact of CO_2 Emissions and Economic Growth on Energy Consumption in 58 Countries. Energy Reports, 1: 62–70.
43. **Saidi, K. and Mbarek, M.B., 2016.** The impact of income, Trade, Urbanization and Financial Development on CO_2 Emission in 19 Emerging Economies. Environ Sci Pollut Res. 60-75.
44. **Salari, M., Javid, R.J. and Noghanibehambari, H., 2021.** The nexus between CO_2 emissions, energy consumption, and economic growth in the US. Economic Analysis and Policy, 69, 182-194.
45. **Salim, B., Sulaiman, J. and Mohd, S., 2012**. Economic Growth and CO_2 Emissions in Malaysia: A Cointegration Analysis of The Environmental Kuznets Curve. Energy Policy, 51 :184–191.
46. **Salim, R. and Shafiei, S., 2014.** Urbanization and Renewable and Non-renewable Energy Consumption in OECD Econometria: Journal of the Econometric Society, 57(2), 357-384.

Countries: An Empirical Analysis. Economic Modelling, 38: 581-591.

47. **Shahbaz, M., Tiwari, A.K. and Nasir, M., 2013.** The Effect of Development, Economic Growth, Coal Consumption and Trade Openness on CO_2 Emissions in South Africa. Energy Policy, 61: 1452-1459.
48. **Shahbaz, M., Sbia, R., Hamdi, H. and Ozturk, I., 2014.** Economic Growth, Electricity Consumption, Ubanization and Environment Degradation Relationship in United Arab Emirates. Ecological Indicators, 45: 622-631.
49. **Shahbaz, M., Loganathan, N., Sbia, R. and Afza, T., 2015.** The Effect of Urbanization, Affluence and Trade Openness on Energy Consumption: A Time series Analysis in Malysia. Renewable and Sustainable Energy Review, 47: 683-693.
50. **Shahbaz, M., Nasreen, S., Ling, C. and Sbia, R., 2014.** Causality Between Trade Openness and Causes What in High-, Middle- and Low-Income Countries. Energy Policy. 70: 126-143.
51. **Tang, Q., Shahla, R., Leyla, A. and Sevinj, H., 2023.** Moderating role of carbon emission and institutional stability on renewable energy across developing countries. Renewable Energy, 209, 413-419.
52. **Tiwari, A., Shabaz, M. and Hey, Q., 2013.** The Environmental Kuznets Curve and The Role of Coal Consumption in India: Cointegration and analysis in open Economic. Renewable and Sustainable Energy Reviwes, 18: 519-527.
53. **Yabuta, M., 2003.** Simple Theoretical Analysis the Environment Kyznets Curve. Chuo University. 45:1-21.
54. **Ziaei, S.M., 2015.** Effect of Financial Development Indicators on Energy Consumption and CO_2 Emission of European, East Asian and Oceania Countries, Renewable and Sustainable Energy Reviews,42: 752-759.
55. **Zou, S. and Zhang, T., 2020.** CO_2 emissions, energy consumption, and economic growth nexus: evidence from 30 provinces in China. Mathematical Problems in Engineering, 2020, 1-10.

2024, The Author(s). Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Environment & Interdisciplinary Development
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

Investigating Factors Affecting Energy Consumption and Pollution Emission: A Case Study of Iran

Samaneh Bagheri *[1]

1*- Economics Department, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran

Original Article

Received: 2023.08.01

Accepted: 2024.04.25

Keywords: Kuznets Curve, Markov Switching, Energy Consumption, Pollution Emission

Abstract

Introduction: Iran is one of the ten countries with the most pollution, so research in this field is necessary. The goal of countries is high economic growth along with the non-emission of pollution. Environmental destruction and climate change are problems of all countries. Some people believe that economic growth leads to the destruction of the environment, and others do not accept this theory. Sustainable development means that today's generation must meet its own needs without compromising the next generation. Today, countries are trying to achieve sustainable development by minimizing environmental destruction in addition to economic growth. To achieve this goal, international treaties have been concluded between the countries of the world. Many environmental protection organizations were established. One of the long debates among economists is energy consumption. On the one hand, due to economic growth and the production of goods, energy consumption is needed, and on the other hand, the pollution caused by the consumption of this energy fuels environmental and non-climate pollution in countries. Because Iran is a country that sells oil and natural gas, it is a country that has a relative advantage in the field of fossil energy. Considering that Iran has a relative advantage in energy consumption, research in this field becomes necessary. Energy consumption can lead to more pollution.

Materials and Methods: This research examines the factors affecting energy consumption and pollution emission in Iran using the Markov switching method, fully adjusted ordinary least squares and dynamic ordinary least squares, and Johansen's method for the period of 1994-2021. In most of the studies conducted on the relationship between energy consumption and major macroeconomic variables, the influence of factors affecting energy consumption, especially factors affecting energy consumption and pollution emission in Iran, has not been paid attention to.

Results: According to the results of this research, the Kuznets curve was confirmed by the dynamic time series method and it means that economic growth leads to pollution in the beginning, but then it causes pollution to

* Corresponding Author's email: samanehbagheri@stu.yazd.ac.ir

decrease. Energy consumption has had a positive and significant effect on carbon dioxide emissions. According to the research results, GDP, energy consumption, foreign direct investment has a positive and significant effect on carbon dioxide emissions. Trade liberalization affects energy consumption from its effect on the environment. The environment can be affected by trade liberalization through the three channels of scale effect, combination effect and technique effect. The scale effect is a change in economic growth, the combination effect is a change in the structure of the economy, and the technique effect is a change in the method and technology used in production. According to the results, trade has a negative and significant effect on carbon dioxide emissions. The LR test showed that the model is nonlinear and the Markov switching method was used to estimate the model.

Discussion: Environmental issues are one of the most important concerns of countries and creating a clean environment is one of the important goals of countries. According to the research results, using the Markov switching MS-ARMA (3,1,0) method, there is a positive and significant relationship between trade, GDP, and energy consumption with a break in energy consumption. Due to the effect of Iran's composition in energy-intensive industries, it has gained a relative advantage and trade has a positive and significant effect on energy consumption.