

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۲۹

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۲۲

نوع مقاله: پژوهشی

صفحه ۳۴-۲۵

## ارائه مدلی برای تخمین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اساس داده‌های کشور ایران

کمیل زمانلو\*، علی محمد کیمیاگری، مهناز ابراهیمی صدرآبادی<sup>۳</sup>

### چکیده

در این مقاله مدلی برای تخمین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشور ایران ارائه شده است. برای ارائه مدل ابتدا نظریه زیست‌محیطی کوزنتس مورد آزمون قرار گرفته است. این نظریه رابطه‌ای U شکل معکوس بین تخریب محیط‌زیست و پیشرفت اقتصادی را پیشنهاد می‌دهد؛ بنابراین با در نظر گرفتن میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به عنوان شاخص تخریب محیط‌زیست، ارتباط آن با سرانه تولید ناخالص داخلی به عنوان شاخص پیشرفت اقتصادی بررسی شده است. همچنین، متغیرهای تأثیرگذار دیگری همچون درصد زمین‌های قابل کشت، سهم سوخت‌های فسیلی از کل انرژی مصرفی، سرانه مصرف برق، سرانه مصرف انرژی، رشد جمعیت، میزان شهرنشینی و سهم تجارت کالا از تولید ناخالص داخلی وارد مدل شده‌اند. پس از شناسایی متغیرهای مدل پیشنهادی، پارامترهای آن با استفاده از روش حداقل مربعات تخمین زده شده است. نتایج حاکی از تأیید نظریه کوزنتس و تأثیر معنادار مثبت متغیر سرانه مصرف برق و تأثیر معنادار منفی متغیرهای رشد جمعیت، میزان شهرنشینی و سهم تجارت کالا از تولید ناخالص داخلی روی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای است.

### واژه‌های کلیدی

کشور ایران، نظریه کوزنتس، گازهای گلخانه‌ای، روش حداقل مربعات.

۱- دکتر، گروه مدیریت سیستم و بهره‌وری، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

۲- دانشیار، گروه مدیریت سیستم و بهره‌وری، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

۳- کارشناسی ارشد، گروه مدیریت سیستم و بهره‌وری، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

\* نویسنده مسئول: k.zamanloo@aut.ac.ir

## مقدمه

فرضیه اثبات شده است. همچنین، در مطالعات انجام گرفته برای پایش وضعیت محیط‌زیست از شاخص‌های گوناگونی چون میزان آلودگی آب، میزان انتشار گاز کربن دی‌اکسید ( $CO_2$ ) و مواردی مشابه استفاده شده است. لازم به ذکر است که در این مطالعه از میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان شاخص پایش وضعیت زیست‌محیطی استفاده شده است.

گازهای گلخانه‌ای نقش بسزایی در تخریب محیط‌زیست دارند و نقش آن‌ها در افزایش دمای کره زمین غیر قابل انکار است. این دسته از گازها شامل طیف متنوعی از گازها هستند که گازهای کربن دی‌اکسید، متان، نیتروژن دی‌اکسید و کلروفلوروکربن‌ها از مهم‌ترین آن‌ها حساب می‌شوند (Hofmann et al. 2006). در این مطالعه میزان انتشار تمامی گازهای گلخانه‌ای بررسی شده است که این پژوهش را از پژوهش‌های دیگر متفاوت می‌سازد.

با توجه به موارد ارائه شده، در این مقاله مدلی برای تخمین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اساس متغیرهای تولید ناخالص داخلی<sup>۴</sup> سرانه، درصد زمین‌های قابل کشت، سهم سوخت‌های فسیلی از کل انرژی مصرفی، سرانه مصرف برق، سرانه مصرف انرژی، رشد جمعیت، میزان شهرنشینی و سهم تجارت کالا از تولید ناخالص داخلی و با استفاده از داده‌های کشور ایران بین سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۷ میلادی ارائه شده است. همچنین آزمون فرضیه کوزنتس نیز بر اساس مدل پیشنهادی انجام شده است.

در ادامه مطالعات مشابه مرور خواهد شد، مدل پیشنهادی و الزامات نظری برای پیشنهاد چنین مدلی معرفی خواهد شد، تخمین پارامترهای مدل پیشنهادی انجام و رعایت شدن الزامات نظری مورد آزمون قرار خواهد گرفت و در نهایت نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادهایی برای مطالعات آینده پایان بخش این مقاله خواهد بود.

## پیشینه پژوهش

شناسایی متغیرهای تأثیرگذار در تخریب محیط‌زیست در مطالعات گوناگونی صورت گرفته است. همان‌گونه که اشاره شد، یکی از مهم‌ترین نظریات در رابطه با تأثیر

در دهه‌های اخیر پس از گسترش تخریب محیط‌زیست و آشکار شدن اثرات منفی آن روی کیفیت زندگی انسان‌ها، توجه به این حوزه افزایش یافته است. منتقدین تمرکز بیش از اندازه روی رشد اقتصادی بدون در نظر گرفتن آثار زیست‌محیطی آن را عامل تخریب محیط‌زیست می‌دانند. از دهه ۹۰ میلادی بررسی ارتباط بین پیشرفت اقتصادی و تخریب محیط‌زیست به صورت جدی تری پیگیری شده است (Dinda 2004). یکی از نظریات مهم در این رابطه بر اساس منحنی‌های کوزنتس<sup>۱</sup> که با نماد KC شناخته می‌شوند (Kuznets 1955) ارائه شده است. منحنی کوزنتس یک رابطه U شکل معکوس بین نابرابری درآمد و درآمد سرانه را نشان می‌دهد.

پس از ارائه این نظریه اقتصادی توسط کوزنتس، شواهدی مبنی بر وجود رابطه‌ای مشابه بین تخریب محیط‌زیست و درآمد سرانه مشاهده شد که منجر به معرفی نظریه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس شده است. به صورت مشابه، این نظریه یک رابطه U شکل معکوس با عنوان منحنی زیست‌محیطی کوزنتس<sup>۲</sup> برای نشان دادن تأثیر پیشرفت اقتصادی بر تخریب محیط‌زیست را پیشنهاد می‌دهد. نظریه کوزنتس بیان می‌کند که پیشرفت اقتصادی ابتدا منجر به تخریب محیط‌زیست می‌شود، ولی با رسیدن به حد معینی از رفاه اقتصادی، این رابطه عکس شده و به عبارتی دیگر پیشرفت اقتصادی منجر به بهبود وضعیت محیط‌زیست می‌شود. پس از افزایش مطالعات در این زمینه نتایجی به دست آمد که نشان‌دهنده انتقال صنایع آلاینده از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه است. این نظریه با عنوان نظریه پناهگاه آلودگی<sup>۳</sup> شناخته می‌شود و در مطالعات گوناگونی همراه با فرضیه EKC مورد آزمون قرار گرفته است.

برای آزمون دو فرضیه فوق از داده‌های متفاوتی که در مطالعات گوناگون انجام گرفته، استفاده شده است. البته اکثر مطالعات تنها فرضیه EKC را بررسی نموده‌اند. در برخی از مطالعات هر دو فرضیه تأیید و در برخی دیگر از آن‌ها رد شده‌اند. البته در برخی از مطالعات نیز تنها برقراری یکی از دو

آزمون قرار دادند و از متغیرهای GDP، سرمایه گذاری، واردات، صادرات، مصرف سوخت‌های فسیلی، مصرف سوخت‌های تجدیدپذیر و نیروی کار استفاده کردند. نتایج این پژوهش برقراری فرضیه پناهگاه آلودگی را تأیید می‌کند، در حالی که فرضیه EKC مورد تأیید قرار نگرفته است (Al-Mulali, Saboori, and Ozturk 2015).

آپرگیس<sup>۱۲</sup> و ازتورک<sup>۱۳</sup> (۲۰۱۵) با استفاده از داده‌های کشورهای آسیایی فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس را بررسی کردند. علاوه بر GDP سرانه، تأثیر متغیرهای دیگری چون چگالی جمعیت، زمین، سهم صنعت از GDP و شاخص‌هایی برای نشان دادن وضعیت قوانین در این کشورها روی میزان انتشار CO<sub>2</sub> بررسی و برقراری این فرضیه تأیید شد (Apergis and Ozturk 2015).

جلی و یوسف (۲۰۱۵) فرضیه EKC را در کشور تونس مورد آزمون قرار دادند و علاوه بر GDP سرانه، نقش انرژی‌های تجدیدناپذیر، انرژی‌های تجدیدپذیر و تجارت جهانی را روی میزان انتشار CO<sub>2</sub> ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که این فرضیه در مورد داده‌های بررسی شده صادق نیست (Jebli and Youssef 2015).

جلی و دیگران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای مشابه اثرات متغیرهای GDP سرانه، انرژی‌های تجدیدناپذیر، انرژی‌های تجدیدپذیر و تجارت جهانی را روی میزان انتشار CO<sub>2</sub> در کشورهای سازمان همکاری و توسعه اقتصادی<sup>۱۴</sup> بر اساس فرضیه EKC بررسی کردند و نشان دادند که این فرضیه در این مورد صادق است (Jebli, Youssef, and Ozturk 2016).

زمان<sup>۱۵</sup> و دیگران (۲۰۱۶) در مطالعه خود اثر متغیرهایی چون رشد اقتصادی، توسعه توریسم، تقاضای انرژی، سرمایه‌گذاری داخلی و هزینه‌های سلامت را روی میزان انتشار CO<sub>2</sub> و با هدف آزمون فرضیه EKC بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که فرضیه صادق است (Zaman et al. 2016).

ژانگ<sup>۱۶</sup> و دیگران (۲۰۱۶) به بررسی سیاست‌های زیست‌محیطی کشور چین پرداخته و مقدار درآمد سرانه‌ای که در آن اولویت از پیشرفت اقتصادی به محافظت از محیط‌زیست تغییر می‌کند را محاسبه کردند (Zhang, Luo, and Cao 2017).

پیشرفت اقتصادی بر تخریب محیط‌زیست، نظریه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس می‌باشد که اساس این نظریه بر منحنی‌های کوزنتس استوار است. با گذشت زمان، شواهدی بر وجود رابطه‌ای مشابه بین تخریب محیط‌زیست و درآمد سرانه مشاهده شد. اولین مطالعه‌ای که برای بررسی این ارتباط صورت پذیرفته است، توسط گراسمن<sup>۵</sup> و کرگر<sup>۶</sup> انجام گرفته است (Grossman and Krueger 1991).

کایکا<sup>۷</sup> و زرواس<sup>۸</sup> (۲۰۱۳) به مطالعه تکامل نظریه کوزنتس پرداخته و برخی از نظریات مرتبط همچون نظریه پناهگاه آلودگی را مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش چندین مقاله که به بررسی انتشار CO<sub>2</sub> پرداخته‌اند، مرور شده است (Kaika and Zervas 2013).

لویز-مندز<sup>۹</sup> (۲۰۱۴) تأثیر رشد اقتصادی بر انتشار CO<sub>2</sub> را با استفاده از داده‌های کشورهای اتحادیه اروپا مطالعه کردند که در مدل پیشنهادی آن‌ها متغیرهای مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر نیز وارد شده بود و به این نتیجه رسیدند که فرضیه EKC صادق است و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر فراوانی روی میزان انتشار دارد (López-Menéndez, Pérez, and Moreno 2014).

شهباز و دیگران (۲۰۱۴) از داده‌های کشور تونس برای آزمون فرضیه EKC استفاده کردند و اثر متغیرهای رشد اقتصادی، مصرف انرژی و درجه باز بودن تجارت روی میزان انتشار CO<sub>2</sub> را مطالعه کردند. نتایج این تحقیق حاکی از برقراری فرضیه است (Shahbaz et al. 2014).

لائو<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۴) برقراری فرضیه EKC را با استفاده از داده‌های کشور مالزی و اضافه کردن متغیرهای دیگری چون سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تجارت بررسی کردند و نشان دادند که فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس برقرار است (Lau, choong, and Eng 2014).

فرهانی و دیگران (۲۰۱۴) این فرضیه را با استفاده از داده‌های برخی از کشورهای خاورمیانه آزمودند. متغیرهای دیگری چون توسعه انسانی، انرژی، تجارت، ارزش افزوده بخش تولید و نقش قانون نیز وارد مدل شده بود و نتایج نشان‌دهنده برقراری فرضیه بود (Farhani et al. 2014).

ال-مولالی<sup>۱۱</sup> و دیگران (۲۰۱۵) فرضیه‌های EKC و پناهگاه آلودگی را با استفاده از داده‌های کشور ویتنام مورد

استفاده کردند. نتایج این تحقیق از تأثیر معنادار درآمد سرانه، مقررات و تجارت بر محیط‌زیست حکایت دارد.

### ارائه مدل پیشنهادی و فرضیات حاکم

در این مقاله یک مدل رگرسیونی برای تخمین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اساس متغیرهای سرانه تولید ناخالص داخلی به‌عنوان شاخص پیشرفت اقتصادی، در صد زمین‌های قابل کشت، سهم سوخت‌های فسیلی از کل انرژی مصرفی، سرانه مصرف برق، سرانه مصرف انرژی، رشد جمعیت، میزان شهرنشینی و سهم تجارت کالا از تولید ناخالص داخلی ارائه شده است. در این قسمت ابتدا توضیحاتی مختصر در مورد رگرسیون بیان می‌شود و سپس مدل پیشنهادی و الزامات نظری حاکم بر آن به‌صورت کامل معرفی می‌شود.

رگرسیون مهم‌ترین ابزار اقتصادسنجی است که به این صورت تعریف می‌شود: تحلیل رگرسیونی وابستگی یک متغیر با عنوان متغیر وابسته را به تعدادی از متغیرهای مستقل با عنوان متغیرهای توضیحی بررسی می‌کند تا یک تخمین از میانگین متغیر وابسته بر اساس مقادیر معلوم متغیرهای توضیحی ارائه دهد (Gujarati 2009). پس از آشنایی با مفهوم رگرسیون، مدل پیشنهادی ارائه می‌شود.

### مدل پیشنهادی

نوشتن مدل پیشنهادی ابتدا نیاز به تعریف پارامترهای زیر است:

$T$  تعداد دوره‌های زمانی

$K$  تعداد متغیرهای توضیحی

$\beta_i$  ضریب متغیر توضیحی  $i$ ام

مجموعه مشاهدات که با اندیس  $t = 1, \dots, T$  نمایش داده می‌شود.

مجموعه متغیرهای توضیحی که با اندیس  $i = 0, \dots, K$  نمایش داده می‌شود،  $i = 0$  نشانگر عرض از مبدأ می‌باشد.

متغیرهای مدل نیز به این صورت معرفی می‌شوند:

$GHE_t$  سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای بر حسب

کیلو تن معادل  $CO_2$  برای مشاهده  $t$ ام

مطالعاتی نیز در داخل کشور برای بررسی عوامل مؤثر بر افزایش آلودگی انجام گرفته است که در این قسمت به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. مبارک و محمدلو (۱۳۸۸) اثر آزادسازی تجاری بر روی میزان انتشار کربن دی‌اکسید، نیتروژن و سولفور گوگرد را با توجه به فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس و با استفاده از داده‌های کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته مطالعه کردند و نشان دادند که فرضیه‌های EKC و پناهگاه آلودگی برقرار هستند. نصرنیا و اسماعیلی (۱۳۸۸) عوامل مؤثر بر جنگل‌زدایی را با استفاده از داده‌های ۷۱ کشور جهان بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که فرضیه EKC صادق نیست و جمعیت، GDP سرانه، دموکراسی، آزادی‌های فردی، حقوق شهروندی و آزادی‌های مدنی و سیاسی از عوامل مؤثر بر این جنگل‌زدایی می‌باشند.

امامی میدی، خورشیدی، و مرشدی (۱۳۹۴) در مطالعه خود عوامل مؤثر بر آلودگی آب در کشور ایران را ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که رشد اقتصادی، آزادسازی تجاری، صنعتی شدن و مصرف کود بر میزان آلودگی آب تأثیرگذار هستند.

تمیزی (۱۳۹۴) از داده‌های کشورهای در حال توسعه جهت آزمون فرضیه EKC استفاده کرده و صادق بودن فرضیه و تأثیر متغیرهای مصرف انرژی، مصرف برق، صنعتی شدن، نرخ سواد و نابرابری درآمد را تأیید نموده است.

نظری، عادل و دادگر (۱۳۹۴) میزان انتشار  $CO_2$  را به‌عنوان شاخص زیست‌محیطی در نظر گرفته و تأثیر متغیرهای رشد اقتصادی، درجه تراکم، مصرف انرژی، تعداد خودروها، درجه باز بودن اقتصاد، درجه حرارت و میزان بارندگی بر محیط‌زیست را اثبات نمودند.

میرزایی و دیگران (۱۳۹۵) عوامل مؤثر بر تخریب محیط‌زیست کشورهای مختلف را مطالعه نموده و تأثیر متغیرهای درآمد سرانه، پس‌انداز خالص، تراکم جمعیت، تحصیلات، آزادسازی تجاری، قوانین و مقررات، دموکراسی و سرمایه‌گذاری را بر محیط‌زیست ارزیابی کردند. آن‌ها از مجموع کاهش ذخایر انرژی، مواد معدنی، جنگل خالص و خسارت ناشی از  $CO_2$  به‌عنوان شاخص تخریب محیط‌زیست

جمله خطا در نظر گرفته می‌شوند، با عنوان فرض‌های کلاسیک مطرح هستند. فرض‌های کلاسیک شامل موارد زیر است:

- نرمال بودن توزیع جمله اخلاص
- صفر بودن میانگین توزیع جمله اخلاص
- ثابت بودن واریانس جمله اخلاص در مقاطع گوناگون
- عدم وجود همبستگی پیاپی بین جملات خطا
- عدم وجود همبستگی بین جملات خطا و متغیرهای توضیحی
- علاوه بر فرض‌های کلاسیک، فرض‌های دیگری نیز در نظر گرفته می‌شود، از جمله مهم‌ترین این فرض‌ها، عدم همبستگی خطی (همخطی)<sup>۱۷</sup> متغیرهای توضیحی است. برای به دست آوردن اطلاعات بیشتر در این زمینه می‌توان به (Salvatore 1982) و (Brooks 2014) مراجعه نمود.

#### آزمون‌ها

برای اعتبارسنجی یک مدل پیشنهادی از نظر فرض‌های در نظر گرفته شده، آزمون‌های متفاوتی روی آن انجام می‌شود. در این قسمت توضیحاتی پیرامون چند آزمون مهم ارائه شده است.

#### آزمون معناداری رگرسیون

این آزمون برای اطمینان از معنادار بودن رگرسیون صورت می‌گیرد. به عبارتی این فرضیه مورد آزمون قرار می‌گیرد که خطای متغیر وابسته تصادفی است و ناشی از مدل پیشنهادی نیست. از آماره‌ای با توزیع  $F$  (در صورت صادق بودن فرض صفر) برای انجام آزمون فوق استفاده می‌شود که رد فرض صفر معادل با تأیید معناداری رگرسیون است.

#### آزمون معناداری ضرایب

در این آزمون ضرایب به صورت جداگانه مورد آزمون قرار می‌گیرند و فرضیه صفر بودن این ضرایب بررسی می‌شود. آماره آزمون از توزیع  $t$  (در صورت صادق بودن فرض صفر) تبعیت می‌کند. مشابه با آزمون قسمت قبل، رد

$GDP_t$	سرانه تولید ناخالص داخلی برای مشاهده
$ALP_t$	سهم زمین‌های قابل کشت از کل زمین‌های در دسترس بر حسب درصد برای مشاهده $t$ ام
$FFECp_t$	سهم استفاده از سوخت‌های فسیلی از کل انرژی مصرفی بر حسب درصد برای مشاهده $t$ ام
$EPC_t$	مصرف سرانه برق بر حسب کیلووات ساعت برای مشاهده $t$ ام
$EU_t$	سرانه استفاده از انرژی بر حسب کیلوگرم معادل با نفت برای مشاهده $t$ ام
$PGP_t$	درصد رشد جمعیت سالیانه برای مشاهده $t$ ام
$UPP_t$	درصد جمعیت شهری برای مشاهده $t$ ام
$MTP_t$	سهم تجارت کالا از GDP بر حسب درصد برای مشاهده $t$ ام
$\varepsilon_t$	جمله اخلاص برای مشاهده $t$ ام

بر اساس موارد ارائه شده مدل پیشنهادی به صورت زیر است:

$$GHE_t = \beta_0 + \beta_1 \ln(GDP) + \beta_2 (\ln(GDP))^2 + \beta_3 ALP_t + \beta_4 FFECp_t + \beta_5 EPC_t + \beta_6 EU_t + \beta_7 PGP_t + \beta_8 UPP_t + \beta_9 MTP_t + \varepsilon_t$$

استفاده از لگاریتم طبیعی در اغلب مطالعات بخش (۲) پیشنهاد شده که در این مطالعه نیز برای تعدیل داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی از آن استفاده شده است. بر اساس معادله فوق، در صورت برقراری فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس بایستی  $\beta_2$  منفی باشد.

#### فرضیات

در ادبیات به کارگیری مدل‌های رگرسیونی فرض‌های متفاوتی در نظر گرفته می‌شوند. در این بین فرض‌هایی که برای

فرض صفر این آزمون به معنای تأیید معناداری تأثیر متغیر مربوطه است.

### آزمون نرمال بودن توزیع جمله اخلاص

برای بررسی نرمال بودن توزیع جمله اخلاص می‌توان از آزمون چارک-بر<sup>۱۸</sup> استفاده کرد. فرض صفر این آزمون مبنی بر نرمال بودن توزیع است.

### آزمون صفر بودن میانگین جملات خطا

این مورد یک آزمون آماری ساده برای بررسی فرضیه صفر بودن میانگین توزیع جمله اخلاص است. فرض صفر در این آزمون به صورت صفر بودن میانگین در نظر گرفته می‌شود.

### آزمون همسانی واریانس<sup>۱۹</sup>

برای بررسی همسان بودن واریانس جمله خطا از آزمون وایت<sup>۲۰</sup> استفاده می‌شود. همسان بودن واریانس به عنوان فرض صفر این آزمون تعیین می‌شود.

### آزمون خودهمبستگی<sup>۲۱</sup>

از دو آزمون می‌توان خودهمبستگی بین جملات اخلاص را بررسی نمود، استفاده از آزمون دوربین- واتسون<sup>۲۲</sup> یا استفاده از آزمون LM<sup>۲۳</sup>. در آزمون دوربین- واتسون مقدار آماره با دو مقدار بحرانی  $d_U$  و  $d_L$  مقایسه شده و بر این اساس تصمیم‌گیری می‌شود. در آزمون LM نیز فرض صفر بر این امر دلالت دارد که خودهمبستگی در جملات اخلاص وجود ندارد.

### آزمون همخطی

برای آزمودن وجود همخطی از آزمون‌های معناداری رگرسیون و ضرایب استفاده می‌شود. بدین صورت که اگر رگرسیون معنادار باشد ولی بیشتر ضرایب از نظر آماری معنادار نباشند، وجود همخطی تأیید می‌شود.

علاوه بر آزمون‌های فوق، از دو معیار ضریب تعیین چندگانه و ضریب تعیین چندگانه تعدیل شده برای بررسی

مناسب بودن مدل پیشنهادی استفاده می‌شود. این دو معیار که به ترتیب با  $R^2$  و  $\bar{R}^2$  شناخته می‌شوند، عملکرد مدل را در توضیح تغییرات متغیر وابسته نشان می‌دهند. مقادیر بالاتر  $R^2$  و  $\bar{R}^2$  نشان‌دهنده برازش کامل‌تر است.

### تخمین پارامترهای مدل پیشنهادی

در این مطالعه تخمین پارامترها با استفاده از روش حداقل مربعات که اولین بار در دو مطالعه مستقل از هم توسط لگنדרه و گاوس که به ترتیب در (Legendre 1805) و (Gauss 1809) معرفی شده، انجام گرفته است. تخمین پارامترها و انجام آزمون‌ها به صورت کامل با استفاده از نرم‌افزار Eviews صورت پذیرفته است. برای انجام این کار ابتدا داده‌های مورد بررسی از پایگاه داده بانک جهانی (بخش مربوط به کشور ایران) استخراج شده است. این داده‌ها برای سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۷ میلادی مرتب شده و تخمین مدل با استفاده از داده‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۵ میلادی صورت گرفته است. از داده‌های مربوط به سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ میلادی برای انجام آزمودن توانایی مدل در تخمین استفاده شده است.

### تخمین پارامترها و آزمون‌های معناداری

ابتدا پارامترهای مدل با در نظر گرفتن تمامی متغیرها تخمین زده شد. برای این کار از تمامی متغیرها در تخمین پارامترها استفاده شد و با وجود معناداری رگرسیون، معناداری برخی از ضرایب تأیید نشد که این می‌تواند دلیلی بر وجود همخطی بین متغیرهای توضیحی باشد؛ بنابراین با استفاده از روش حذفی، متغیرهایی که تأثیر معناداری ندارند در چند مرحله از مدل حذف می‌شوند و در نهایت تخمین نهایی مدل و آزمون‌های معناداری جداگانه ضرایب برای مدل نهایی در جدول (۱) مشاهده می‌شود.

جدول (۱). تخمین نهایی پارامترها و آزمون‌های معناداری جداگانه ضرایب منبع: (نگارندگان)

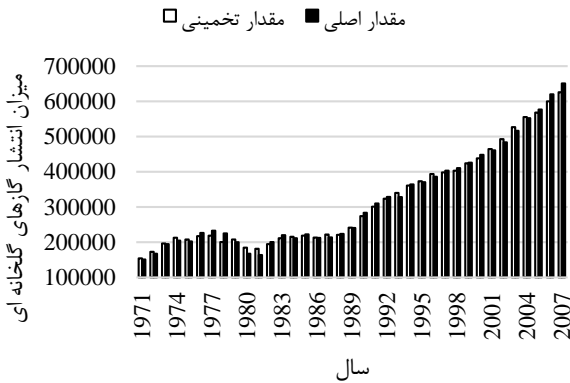
پارامتر	برآورد	آماره t	p مقدار	معناداری
$\beta_1$	۹۶۶۵۸/۴۸	۹/۱۸۰۱	۰/۰۰۰۰	تأیید
$\beta_2$	-۱۸۴۱/۲۰۷	-۳/۲۷۳۱	۰/۰۰۲۸	تأیید

این آزمون بر صفر بودن میانگین توزیع مذکور صحه می‌گذارد. لازم به ذکر است که آزمون ناهمسانی واریانس برای داده‌های سری زمانی انجام نمی‌شود. آزمون دیگر بررسی خودهمبستگی است که با استفاده از آزمون LM صورت گرفته است. نتایج این آزمون در جدول (۳) مشاهده می‌شود.

جدول (۳). نتیجه آزمون خودهمبستگی LM  
منبع: (نگارندگان)

نام آماره	مقدار	مقدار p
آماره F	۲/۷۰۹۸	۰/۱۱۰۹
آماره X <sup>2</sup>	۳/۰۸۸۱	۰/۰۷۸۹

نتایج این آزمون حاکی از عدم وجود خود همبستگی بین جملات اخلاص است. در نهایت مقادیر اصلی و تخمینی متغیر وابسته برای تمامی داده‌ها مورد مقایسه قرار می‌گیرند تا توانایی مدل در تخمین مقدار متغیر وابسته معین گردد. در شکل (۲) دو مقدار اصلی و تخمینی در یک نمودار مشاهده می‌شوند.



شکل (۲). نمودار مقادیر اصلی و تخمینی متغیر وابسته  
منبع: (نگارندگان)

این نمودار حاکی از اختلاف قابل قبول مقادیر اصلی و تخمینی است. نتایج مقایسه و خطای تخمین با استفاده از مقادیر مربوط به سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ میلادی نیز در جدول (۴) مشاهده می‌شود. مقادیر خطای پایین‌تر از ۵ درصد کارایی بالای مدل را در تخمین مقدار متغیر وابسته نمایش می‌دهد.

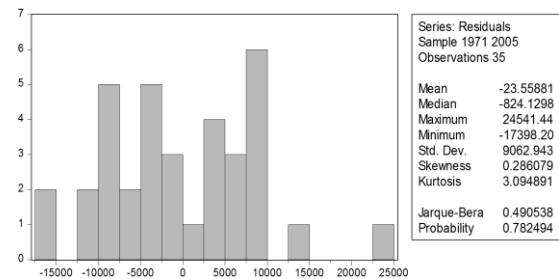
جدول (۴). مقادیر اصلی و تخمینی برای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ میلادی  
منبع: (نگارندگان)

پارامتر	برآورد	آماره t	مقدار p	معناداری
$\beta_5$	۲۶۷/۴۱۷۱	۸/۲۳۵۷	۰/۰۰۰۰	تأیید
$\beta_7$	-۱۸۶۰۷/۳۷	-۴/۴۹۵۳	۰/۰۰۰۱	تأیید
$\beta_8$	-۱۵۵۳۲/۹۵	-۹/۳۲۰۴	۰/۰۰۰۰	تأیید
$\beta_9$	-۶۳۸/۸۶۲۳	-۲/۴۱۸۴	۰/۰۲۲۱	تأیید

آزمون معناداری رگرسیون نیز حاکی از معنادار بودن آن است که با توجه به جدول (۱) نیازی به ارائه مجدد آن احساس نمی‌شود. ضریب تعیین چندگانه و مقدار تعدیل شده آن نیز به ترتیب ۰/۹۹۴۶ و ۰/۹۹۳۵ محاسبه شده است. این مقادیر از برازش بسیار مناسب مدل پیشنهادی حکایت دارند، به عبارتی دیگر، بیش از ۹۹ درصد تغییرات متغیر وابسته توسط مدل پیشنهادی توضیح داده شده است.

### سایر آزمون‌ها

برای آزمون این که جمله خطا از توزیع نرمال تبعیت می‌کند، از آزمون جارک-برا استفاده شده است که نتیجه آن در شکل (۱) مشاهده می‌شود.



شکل (۱). نتیجه آزمون جارک-برا برای بررسی نرمال بودن توزیع جمله خطا  
منبع: (نگارندگان)

با توجه به نتیجه آزمون نرمال بودن توزیع جمله خطا تأیید می‌شود. پس از این آزمون، فرضیه صفر بودن میانگین توزیع مذکور بررسی می‌شود. نتیجه این آزمون در جدول (۲) قابل مشاهده است.

جدول (۲). نتیجه آزمون صفر بودن میانگین توزیع جمله خطا  
منبع: (نگارندگان)

مقدار p	مقدار آماره t
۰/۹۸۷۸	-۰/۰۱۵۴

سال	مقدار اصلی	مقدار تخمینی	درصد خطا
۲۰۰۶	۶۱۹۹۱۴/۴۶۶۰	۵۹۹۹۸۱/۵۹۶۹	۳/۲۲
۲۰۰۷	۶۵۰۹۵۶/۸۱۳۰	۶۲۵۶۹۶/۶۵۶۸	۳/۸۸

### نتیجه‌گیری

با توجه به این که نتایج آزمون‌های متفاوت بر روی مدل پیشنهادی حاکی از عملکرد مناسب آن است، در نهایت مدل پیشنهادی به صورت زیر ارائه می‌گردد.

$$\begin{aligned} GHE_t &= 96658 / 48 \text{Ln}(\text{GDP}) \\ &- 1841 / 2070 (\text{Ln}(\text{GDP}))^2 \\ &+ 267 / 4171 \text{EPC}_t - 18607 / 37 \text{PGP}_t \\ &- 15532 / 95 \text{UPP}_t - 638 / 8623 \text{MPT}_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

قابل مشاهده است که فرضیه EKC در مورد داده‌های مورد بررسی صادق می‌باشد و این در حالی است که برقراری نظریه پناهگاه آلودگی مورد تأیید قرار نمی‌گیرد، چراکه افزایش سهم تجارت تأثیری منفی بر میزان آلودگی دارد. همچنین، سرانه مصرف انرژی برق تأثیر معنادار مثبت و در صد رشد جمعیت، در صد شهرنشینی و سهم تجارت کالا از GDP تأثیر معنادار منفی روی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند.

در این مقاله مدلی برای تخمین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با توجه به فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس ارائه شده است. نظریه مذکور رابطه‌ای U شکل معکوس بین تخریب محیط‌زیست و رشد اقتصادی پیشنهاد می‌دهد. یکی از نتایج آشکار این فرضیه با عنوان فرضیه پناهگاه آلودگی شناخته می‌شود. این فرضیه بیان می‌کند که با بهبود وضعیت اقتصادی در کشورهای پیشرفته و تشدید قوانین و مقررات زیست‌محیطی در این کشورها، صنایع آلاینده به سمت کشورهایی با قوانین و مقررات زیست‌محیطی سهل‌انگارانه سوق پیدا می‌کند.

در این مقاله تأثیر متغیرهای سرانه تولید ناخالص داخلی به عنوان شاخص پیشرفت اقتصادی، درصد زمین‌های قابل کشت، سهم سوخت‌های فسیلی از کل انرژی مصرفی، سرانه مصرف برق، سرانه مصرف انرژی، رشد جمعیت، میزان شهرنشینی و سهم تجارت کالا از تولید ناخالص داخلی

بر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از داده‌های کشور ایران بین سال‌های ۱۹۷۱ و ۲۰۰۷ میلادی بررسی شده است. از روش حداقل مربعات برای تخمین پارامترهای مدل رگرسیونی پیشنهادی استفاده شده است. نتایج حاکی از تأیید فرضیه کوزنتس، رد فرضیه پناهگاه آلودگی و تأثیر معنادار مثبت متغیر سرانه مصرف برق و تأثیر معنادار منفی متغیرهای رشد جمعیت، میزان شهرنشینی و سهم تجارت کالا از تولید ناخالص داخلی روی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای است.

فرضیه‌های منحنی زیست‌محیطی کوزنتس و پناهگاه آلودگی را می‌توان با استفاده از داده‌های ترکیبی مورد مطالعه قرار داد. مدل به دست آمده با استفاده از چنین داده‌هایی می‌تواند فرضیه‌های فوق را در ابعاد وسیع‌تری مورد آزمون قرار دهد. همچنین استفاده از شاخص‌های ترکیبی برای پایش وضعیت محیط‌زیست می‌تواند اعتبار نتایج را افزایش دهد. یکی از این شاخص‌های ترکیبی شاخص عملکرد زیست‌محیطی<sup>۲۴</sup> می‌باشد که عملکرد کشورها را در محافظت از محیط‌زیست به صورت یکپارچه ارزیابی می‌کند.

### پی‌نوشت‌ها

- 1- Kuznets Curve
- 2- Environmental Kuznets Curve (KEC)
- 3- Pollution Haven Hypothesis (PHH)
- 4- Gross Domestic Product (GDP)
- 5- GENE M. GROSSMAN
- 6- ALAN B. KRUEGER
- 7- Dimitra Kaika
- 8- Efthimios Zervas
- 9- Ana Jesús López-Menéndez
- 10- Lin-Sea Lau
- 11- Usama Al-Mulali
- 12- Nicholas Apergis
- 13- Ilhan Ozturk
- 14- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)
- 15- Khalid Zaman
- 16- Junze Zhang
- 17- Collinearity
- 18- Jarque-Bera test
- 19- Heteroskedasticity
- 20- White test
- 21- Autocorrelation



Brooks, Chris. 2014. Introductory econometrics for finance, Cambridge university press.

Dinda, Soumyananda. 2004. Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological economics* 49(4): 431-455.

Farhani, Sahbi., Sana Mrizak, Anissa Chaibi, and Christophe Rault. 2014. The environmental Kuznets curve and sustainability: A panel data analysis. *Energy Policy* 71: 189-198.

Gauss, Carl Friedrich. 1809. *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium auctore Carolo Friderico Gauss, sumtibus Frid. Perthes et IH Besser.*

Grossman, Gene M., and Alan B. Krueger. 1991. Environmental impacts of a North American free trade agreement, National Bureau of Economic Research.

Gujarati, Damodar N. 2009. *Basic econometrics*, Tata McGraw-Hill Education.

Hofmann, David J., James H Butler, Edward J Dlugokencky, James W Elkins, Kenneth Masarie, Stephen A Montzka, and Pieter Tans. 2006. The role of carbon dioxide in climate forcing from 1979 to 2004: introduction of the Annual Greenhouse Gas Index. *Tellus B* 58(5): 614-619.

Jebli, Mehdi Ben., and Slim Ben Youssef. 2015. The environmental Kuznets curve, economic growth, renewable and non-renewable energy, and trade in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 47: 173-185.

Jebli, Mehdi Ben., Slim Ben Youssef, and Ilhan Ozturk. 2016. Testing environmental Kuznets curve hypothesis: The role of renewable and non-renewable energy consumption and trade in OECD countries. *Ecological Indicators* 60: 824-831.

Kaika, Dimitra., and Efthimios Zervas. 2013. The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory—Part A: Concept, causes and the CO2 emissions case. *Energy Policy* 62: 1392-1402.

Kuznets, Simon. 1955. Economic growth and income inequality. *The American economic review* 45(1): 1-28.

Lau, Lin-Sea., Chee-Keong Choong, and Yoke-Kee Eng. 2014. Investigation of the environmental Kuznets curve for carbon emissions in Malaysia: do foreign direct investment and trade matter? *Energy Policy* 68: 490-497.

Legendre, Adrien Marie. 1805. *Nouvelles méthodes pour la détermination des orbites des comètes*, F. Didot.

López-Menéndez., Ana Jesús, Rigoberto Pérez, and Blanca Moreno. 2014. Environmental costs and renewable energy: Re-visiting the Environmental Kuznets Curve. *Journal of environmental management* 145: 368-373.

Salvatore, Dominick. 1982. *Theory and Problems of Statistics and Econometrics*, McGraw-Hill.

22- Durbin-Watson test

23- Lagrange multiplier test

24- Environmental Performance Index (EPI)

## منابع

امامی میبدی، علی، مرتضی خورسندی و بهنام مرشدی. ۱۳۹۴. بررسی عوامل موثر بر تخریب محیط زیست با استفاده از شاخص آلودگی آب: مطالعه موردی ایران. *مجله مطالعات اقتصادی کاربردی ایران* ۴(۱۳): ۸۴-۶۹.

تمیزی، علیرضا. ۱۳۹۴. عوامل موثر بر انتشار گاز دی اکسید کربن در کشورهای در حال توسعه با استفاده از رویکرد اقتصاد سنجی بیزی. *نظریه های کاربردی اقتصاد* ۴(۲): ۱۴۵-۱۶۸.

مبارک، اصغر، و نوید محمدلو. ۱۳۸۸. بررسی اثر آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه ای (فرضیه های پناهگاه های آلودگی و منحنی زیست محیطی کوزنتس). *مجله برنامه و بودجه* ۱۰۸: ۳۱-۵۸.

میرزایی، عباس، حامد دهقانپور، محمد بخشوده، و سیامک جمشیدی. ۱۳۹۵. عوامل موثر بر تخریب زیست محیطی کشورهای منا (متغیرهای ابزاری داده های ترکیبی). *اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی* ۱(۱): ۹۵-۱۱۰.

نصرینا، فاطمه، و عبدالکریم اسماعیلی. ۱۳۸۸. عوامل اقتصادی - اجتماعی موثر بر جنگل زدایی کشورهای منتخب: کاربرد نظریه زیست محیطی کوزنتس. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی* ۱۳(۴۸): ۳۶۷-۳۷۴.

نظری، روح اله، محمدحسین مهدوی عادل، و یداله دادگر. ۱۳۹۴. بررسی عوامل مؤثر بر آلودگی محیط زیست در ایران طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۵۳. *فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی* ۶(۲۱): ۴۷-۶۰.

پایگاه داده بانک جهانی (بخش مربوط به کشور ایران)

<https://data.worldbank.org/country/iran-islamic-rep-view-chart>

Al-Mulali, Usama., Behnaz Saboori, and Ilhan Ozturk. 2015. Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Vietnam. *Energy Policy* 76: 123-131.

Apergis, Nicholas., and Ilhan Ozturk. 2015. Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators* 52: 16-22.

Shahbaz, Muhammad., Naceur Khraief, Gazi Salah Uddin, and Ilhan Ozturk. 2014. Environmental Kuznets curve in an open economy: A bounds testing and causality analysis for Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 34: 325-336.

Zaman, Khalid., Muhammad Shahbaz, Nanthakumar Loganathan, and Syed Ali Raza. 2016. Tourism development, energy consumption and Environmental Kuznets Curve: Trivariate analysis in the panel of developed and developing countries. *Tourism Management* 54: 275-283.

Zhang, Junze., Mengting Luo, and Shixiong Cao. 2017. How deep is China's environmental Kuznets curve? An analysis based on ecological restoration under the Grain for Green program. *Land Use Policy*.