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

بررسی فرضیه منحنی محیط‌زیستی کوزنتس و رشد اقتصادی در استان‌های صنعتی ایران با استفاده از رویکرد DOLS

کاظم امین‌زاده[۱] ، صادق بختیاری[۲*]، سعید دایی کریم‌زاده[۳]

۱ دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۲ استاد گروه علوم اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران*

۳ دانشیار گروه علوم اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۸
پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۲

کلمات کلیدی:
آلودگی محیط‌زیستی
رشد اقتصادی
منحنی کوزنتس
استان‌های‌صنعتی ایران

چکیده

پیشینه و هدف: ارتباط میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیستی در یک بستر زمانی بلندمدت، می‌تواند به صورت مستقیم، معکوس و یا ترکیبی از هر دو باشد. این بحث (جریان ارتباط میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیستی)، موضوع بسیاری از مطالعات و تحقیقات قرار گرفته است. آثار رشد اقتصادی بر محیط‌زیست یکی از مهم‌ترین بحث‌های مطرح امروز در اقتصاد محیط‌زیست است. صنعتی شدن جوامع امروزی منجر به بهره‌برداری بیشتر و فشرده‌تر از سوخت‌های فسیلی شده است. احتراق این سوخت‌ها منجر به افزایش انتشار مواد آلاینده سمی و خطرناک می‌شود و آسیب‌های جهانی نظیر گرم شدن کره زمین و تغییرات آب‌وهوایی، از پیامدهای غیرقابل‌اجتناب آن به شمار می‌رود. هدف از این مطالعه بررسی اثرات U شکل معکوس و N شکل تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه در قالب سه شکل مختلف از این متغیر، در سطح، با توان دو و با توان سه بر حجم انتشار آلاینده‌های بخش صنعت شامل دی‌اکسیدکربن، دی‌اکسیدگوگرد، تری‌اکسیدگوگرد با بهره‌گیری از روش اقتصادسنجی پانلی بلندمدت حداقل مربعات پویا طی دوره زمانی ۱۳۷۶- ۱۳۹۹ برای ۱۲ استان صنعتی کشور می‌باشد. نتایج برآوردها به گونه‌ای است که فرضیات محیط‌زیستی کوزنتس برای هر سه آلاینده برقرار است و با افزایش تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه، ابتدا آلودگی افزایش یافته، سپس با رسیدن به نقطه اوج شروع به کاهش نموده و در نهایت با افزایش بیشتر تولید مجدداً روند صعودی افزایش آلودگی ادامه می‌یابد و با استفاده از تکنیک DOLS و با تصریح روابط درجه دوم و سوم رشد اقتصادی در ۱۲ استان صنعتی کشور و طی دوره زمانی یاد شده، منحنی N شکل مورد تأیید واقع شده است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه ابتدا با استفاده از آزمون‌های ریشه‌واحد پانلی، مانایی متغیرها مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی کائو، رابطه هم‌جمعی بین متغیرها و وجود و عدم وجود رگرسیون کاذب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در نهایت با بهره‌گیری از روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده و حداقل مربعات پویا به برآورد ضرایب متغیرها پرداخته شده است.

نتایج: بررسی اثرات U شکل معکوس و N شکل تولید ناخالص داخلی در قالب سه شکل مختلف از این متغیر؛ در سطح، با توان دو و با توان سه بر حجم انتشار آلاینده‌های موجود در بخش صنعت شامل؛ دی‌اکسیدکربن، دی‌اکسیدگوگرد، تری اکسیدگوگرد با بهره‌گیری از روش اقتصادسنجی پانلی بلندمدت حداقل مربعات پویا طی دوره زمانی ۱۳۹۹- ۱۳۷۶ برای ۱۲ استان صنعتی کشور پرداخته شود. نتایج برآورد به گونه‌ای است که فرضیات محیط‌زیستی کوزنتس برای هر سه آلاینده برقرار است.

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: *bakhtiari_sadegh@yahoo.com*

بحث: باتوجه به نتایج بدست آمده از تخمین مدل‌ها به روش DOLS در بررسی منحنی محیط‌زیستی کوزنتس، و با تصریح روابط درجه دوم و سوم رشد اقتصادی در ۱۲ استان صنعتی کشور و طی دوره زمانی انتخابی، منحنی N شکل مورد تأیید واقع شده است.

هم‌چنین وجود متغیر شهرنشینی در مدل، باعث ایجاد اثرات مثبت و افزایشی بر آلودگی شده است، این موضوع بدان معنی است که گسترش شهرنشینی موجب افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی شده و در نتیجه آلودگی هوای ناشی از آن را نیز تشدید نموده است.

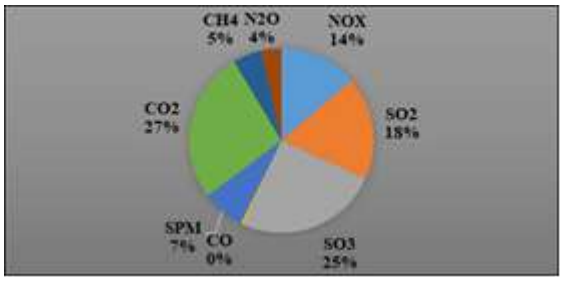
باتوجه به ضرایب بالای رابطه تولید و آلودگی، مشخص می‌شود ایران در مرحله اول آلودگی و در قسمت صعودی منحنی محیط‌زیستی کوزنتس قرار دارد. هم‌چنین با توجه به نرخ مثبت رشد آلودگی در ایران در بلندمدت شاهد انباشت آلودگی در محیط‌زیست خواهیم بود.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، آلودگی به یکی از چالش‌های اصلی مدیریتی کشورها تبدیل شده است؛ به طوری که کشورها علاوه بر سیاست‌ها و اقدامات درون مرزهای خود، ساماندهی آلودگی را در حوزه‌ی بین‌المللی نیز دنبال می‌کنند. از میان مصادیق آلودگی، آلودگی‌های ناشی از گازهای به عنوان عوامل اصلی گرمایش جهانی در نظر گرفته می‌شود که محیط‌زیست ما و هم‌چنین جامعه انسانی را تهدید می‌کند (Zhang, Shajari *et al.* 2021, 2013). براساس گزارش هیأت میان دولتی تغییر اقلیم (IPCC)[1] در سال ۲۰۲۱، دی‌اکسیدکربن ۷۹ درصد حجم کل گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده است. بر این اساس می‌توان عنوان کرد که کاهش انتشار دی‌اکسید کربن نقش مهمی در محافظت از محیط‌زیست و توسعه پایدار دارد (Omri, 2013).

انرژی نقش مؤثری در رشد اقتصادی کشورها ایفا می‌کند به طوری که به عنوان یک نیروی محرکه در اکثر فعالیت‌های تولیدی و خدماتی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. از سوی دیگر مصرف انرژی به دلیل انتشار کربن و گازهای گلخانه‌ای منجر به آلودگی هوا می‌شود. این امر به ظاهر یک تناقض و دوگانگی میان دستیابی به یک رشد و توسعه اقتصادی بالا و حفاظت از محیط‌زیست است. اما شواهد زیادی در کشورهای پیشرفته نشان داده شده است اگر مسیر رشد اقتصادی به درستی پیموده شود و سیاست‌های مناسبی در این راستا اتخاذ شود نه تنها تضادی در این زمینه وجود ندارد بلکه رشد اقتصادی نیز می‌تواند باعث بهبود وضعیت محیط‌زیستی شود. این امر بدون اطلاع از چگونگی رابطه میان مصرف انرژی، سطح فعالیت‌های اقتصادی و انتشار گازهای گلخانه‌ای امکان‌پذیر نیست. از این جهت همه کشورها برای آنکه رشد اقتصادی همراه با ملاحظات محیط‌زیستی را تجربه کنند، باید به طور دقیق از این ارتباطات اطلاع داشته باشند (Mahdavi Adeli & Ghanbari, 2013). کشورهای در حال توسعه به سمت صنعتی شدن پیش می‌روند و این بدین معنی است که پیامدهای محیط زیستی نیز افزایش خواهد یافت. بنابراین، باید راه‌حلی برای کنترل رشد آلودگی پیدا نمود. به طوری که، توسعه صنعتی محقق شده و محیط‌زیست نیز حفظ شود. همراه با رشد صنعتی جوامع در دهه‌های اخیر، روند آلودگی آب‌وهوا افزایش یافته است. تغییرات آب‌وهوایی که بیشتر مربوط به افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو است از نمونه‌های بارز در این زمینه می‌باشد (Taghdisian & Minapour, 2003).

در این بین سهم انتشار برخی گازهای گلخانه‌ای در بخش صنعت نسبت به بقیه بالاتر بوده است، نمونه آن گازهای دی‌اکسیدکربن (CO_2)، دی‌اکسیدگوگرد (SO_2) و تری‌اکسیدگوگرد (SO_3) می‌باشد که در شکل ۱، سهم گازهای منتشره در بخش صنعت در سال ۱۳۹۶ نشان داده شده است.



شکل ۱- سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش صنعت در سال ۱۳۹۸ (منبع ترازنامه انرژی)

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change

فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس یکی از ابزارهایی است که به کشورها برای شناخت وضعیت محیط‌زیست در جریان توسعه‌یافتگی‌شان کمک می‌کند و تصویری از وضعیت کشور در زمینه تخریب محیط‌زیست ارائه می‌دهد. مطالعه فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس با در نظرگیری آن برای بخش صنعت، می‌تواند کمک شایانی در زمینه سیاست‌گذاری‌های محیط‌زیستی نماید.

به منظور بررسی دقیق منحنی محیط‌زیستی کوزنتس[۲] در ایران سعی شده است که از داده‌های ترکیبی طی دوره زمانی (۱۳۹۹-۱۳۷۹) و برای ۱۲ استان صنعتی کشور استفاده شود. عموما در مطالعات، برای آلاینده متغیر دی‌اکسیدکربن (CO_2) در نظر گرفته می‌شود، ولی در این مطالعه علاوه بر آن، آلاینده‌های اکسیدهای گوگرد (SO_X) نیز مورد استفاده قرار گرفته است. تمایز بعدی در استفاده از معادله درجه سوم برای بررسی منحنی کوزنتس می‌باشد، نکته‌ای که در اکثر مطالعات تنها به توابع درجه دوم از منحنی کوزنتس پرداخته‌اند.

سازماندهی مطالعه حاضر به این صورت است که در ادامه به مبانی نظری پژوهش و مطالعات تجربی انجام شده در داخل و خارج از کشور پرداخته می‌شود. روش‌شناسی پژوهش و معرفی مدل و متغیرها در بخش دوم ارائه خواهد شد و در بخش سوم یافته‌های تجربی بررسی خواهد شد. در نهایت، در بخش چهارم نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی مطرح خواهد شد.

ارتباط رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیستی (فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس)

طی نیم قرن اخیر تخریب محیط‌زیست همراه با رشد فزاینده تولیدات صنعتی در کشورهای توسعه‌یافته، منجر به افزایش آگاهی‌های عمومی و عکس‌العمل در مقابل آثار سوء فعالیت‌های اقتصادی مخرب محیط‌زیست شده، به طوری که در دهه ۱۹۶۰ اعتراضات مردمی (به طور محدود) در برخی از کشورهای توسعه یافته آغاز شد (Barghi Eskoui & Yavari, 2007). در این دوره، بسیاری از صاحب‌نظران، رشد اقتصادی و حفظ محیط زیست را در تضاد با یکدیگر در نظر می‌گرفتند. اما در اواخر دهه هشتاد و اوایل دهه نود میلادی با معرفی مفهوم توسعه پایدار، رشد اقتصادی با تأکید بر حفظ و کیفیت محیط‌زیست موردتوجه قرار گرفت.

ارتباط میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیستی در یک بستر زمانی بلندمدت، می‌تواند به صورت مستقیم، معکوس و یا ترکیبی از هر دو باشد. این بحث (جریان ارتباط میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیستی)، موضوع بسیاری از مطالعات و تحقیقات قرار گرفته است. چنانچه جریان شکل‌گیری این حوزه از مطالعات را بررسی نماییم، حکایت از آن دارند که طی چند دهه اخیر، دو جریان فکری در این حوزه وجود داشته است که در نهایت به یک رویکرد سومی تبدیل شده‌اند.

رویکرد اول به نوعی به انتخاب میان رشد اقتصادی و حفظ استانداردهای محیط‌زیستی می‌پردازد؛ بدین معنی که اصولاً رشد اقتصادی و در نتیجه افزایش تولید و مصرف، خواه ناخواه نیازمند مواد اولیه و انرژی بیشتر به عنوان داده‌های تولید می‌باشد و متقابلاً افزایش تولید زباله را به همراه دارد. به عبارت دیگر هرچه در خلال توسعه اقتصادی سطح درآمد افزایش می‌یابد، در مقابل استخراج بیشتر منابع طبیعی و افزایش تخریب‌های محیط‌زیستی، باعث کاهش رفاه بشر می‌شود. به همین جهت رشد فعالیت‌های اقتصادی از این حیث، نوعی خطر به حساب می‌آید. لذا استدلال می‌شود که سیاستگذاران در این ارتباط باید دست به نوعی انتخاب بزنند، یعنی با هدف دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر، پذیرای مخاطرات محیط‌زیستی بیشتر باشند و یا در صورت اعتقاد به ضرورت حفظ محیط‌زیست می‌باید به سطوح بسیار پایین رشد اقتصادی رضایت دهند که این خود انتخابی دشوار است (Islamloian *et al.*, 2013).

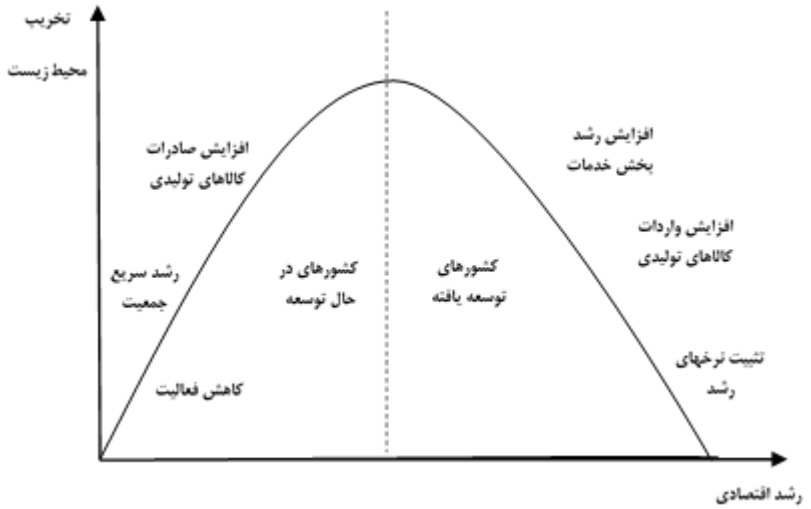
در سوی دیگر این طیف، رویکرد دوم وجود دارد. در این گروه اعتقاد بر این است که مسیر بهبود کیفیت محیط زیستی به موازات رشد اقتصادی است و به منظور بهبود استانداردهای محیط‌زیستی باید در جریان رشد اقتصادی گام نهاد. چرا که اصولاً سطح بالاتری از درآمد، باعث افزایش تقاضا برای کالایی می‌شود که از سطح کمتری از مواد اولیه استفاده می‌کند و نیز این‌که افزایش درآمد باعث افزایش تقاضای کیفیت محیط‌زیست می‌شود و این

[۲] Environment Kuznets Curve

به معنی پذیرش معیارها و ضوابط حفاظتی محیط‌زیستی است.

رویکرد سوم که از اوایل دهه ۹۰ مطرح شد، میان رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیستی رابطه‌ای به صورت U وارونه مطرح نموده که این موضوع به فرضیه انتقال محیط‌زیستی یا فرضیه منحنی محیط‌زیستی کوزنتس معروف شده، که این رابطه نام خود را از سیمون کوزنتس (۱۹۵۵)، برنده جایزه نوبل گرفته است. بنابر فرضیه منحنی کوزنتس در مراحل ابتدای رشد اقتصادی، تخریب محیط‌زیست زیاد است تا اینکه این موضوع به نقطه‌ای در حداکثر خود می‌رسد و سپس در مراحل بالای رشد، محیط‌زیست بهبود می‌یابد.

می‌توان وضعیت کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه را با توجه به رویکرد سوم در شکل ۲ نشان داد.



شکل ۲- رابطه رشد و توسعه اقتصادی با تخریب محیط‌زیست

همان‌طور که در شکل ۲ مشخص شده است، کشورهای در حال توسعه در شیب افزایشی منحنی قرار دارند. این کشورها از اقتصاد مبتنی بر کشاورزی به سمت یک اقتصاد صنعتی در حال انتقال هستند. نرخ بالای رشد جمعیت، رشد سریع صنعتی‌شدن، مبادلات صنعتی و افزایش تعداد وسایل نقلیه، همگی از مواردی هستند که باعث افزایش مصرف انرژی در این کشورها می‌شوند. اما بخش انرژی علی‌رغم نقش اساسی در فرایند توسعه، مشکلات محیط‌زیستی را نیز به دنبال دارد؛ به طوری که امروزه یکی از چالش‌های اصلی و ضروی در بعد جهانی از بحث انرژی برای توسعه پایدار، توسعه صنعتی، آلودگی هوا، جو و تغییر آب‌وهوا نشأت می‌گیرد (Kuznets, 1995؛ Kijima *et al.*, 2010؛ Abdallh & Abugamos, 2017).

مطالعات اقتصادسنجی زیادی به آزمون فرضیه EKC پرداخته‌اند که بیشتر این مطالعات از فرم تقلیل‌یافته معادله فرضیه کوزنتس محیط‌زیستی استفاده نموده‌اند. به این صورت که کیفیت محیط‌زیست تابعی درجه دوم یا سوم از درآمد است. مدل موردنظر با استفاده از روش‌های مختلفی مانند OLS، داده‌های تابلویی، با اثرات ثابت یا تصادفی و غیره تخمین زده می‌شود. فرم کلی تقلیل‌یافته الگوی کوزنتس محیط‌زیستی به صورت زیر است:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{it} + \beta_2 x_{it}^2 + \beta_3 x_{it}^3 + \beta_4 z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

در رابطه (۱)، y_{it} شاخص کیفیت محیط‌زیست، x_{it} درآمد و z_{it} سایر متغیرهای اثرگذار بر کیفیت محیط‌زیست مانند تراکم جمعیت، متغیرهای توزیعی، متغیرهای تجارت و غیره و نیز متغیرهای غیراقتصادی مانند حقوق سیاسی، یا نرخ باسوادی را نشان می‌دهد. ε_{it} جمله اخلال مدل است. اندیس t زمان و i مقطع مانند کشور، استان یا شهر را نشان می‌دهد. β_iها مقادیر پارامترهای الگو است که باید تخمین زده شود (Kijima *et al.*, 2010).

رابطه (۱)، اطلاعات مهمی از نوع ارتباط بین کیفیت محیط‌زیست و رشد اقتصادی را ارائه می‌دهد، خلاصه آن در ادامه آمده است:

۱- اگر $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ باشد، بیانگر عدم رابطه بین کیفیت محیط‌زیست y_{it} و درآمد x_{it} خواهد بود (الگوی خاصی بین درآمد و محیط‌زیست وجود ندارد).

۲- اگر $\beta_2 = \beta_3 = 0$ و $\beta_1 > 0$، در این صورت رابطه بین کیفیت محیط‌زیست y_{it} و درآمد x_{it} به صورت یک رابطه یکنواخت افزایشی است یا به عبارت دیگر این رابطه خطی با شیب مثبت است.

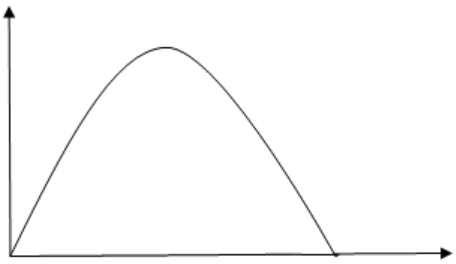
۳- اگر $\beta_2 = \beta_3 = 0$ و $\beta_1 < 0$، در این صورت رابطه بین کیفیت محیط‌زیست y_{it} و درآمد x_{it} به صورت یک رابطه یکنواخت کاهشی است یا به عبارت دیگر، این رابطه خطی با شیب منفی است.

۴- اگر $\beta_1 > 0$ و $\beta_2 < 0$ و $\beta_3 = 0$ باشد، رابطه بین کیفیت محیط‌زیست y_{it} و درآمد x_{it} به صورت شکل U معکوس که الگوی EKC است، مشاهده می‌شود. نقطه بازگشت در منحنی توسط $X^* = \frac{-\beta_1}{2\beta_2}$ بدست می‌آید. شکل ۳ رابطه U معکوس را نشان می‌دهد.

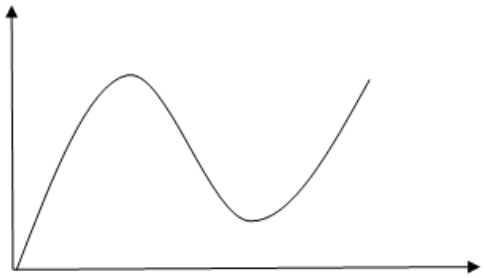
۵- اگر $\beta_1 < 0$ و $\beta_2 > 0$ و $\beta_3 = 0$ باشد، رابطه بین کیفیت محیط‌زیست y_{it} و درآمد x_{it} به صورت شکل U مشاهده می‌شود.

۶- اگر $\beta_1 > 0$ و $\beta_2 < 0$ و $\beta_3 > 0$ باشد، رابطه بین کیفیت محیط‌زیست y_{it} و درآمد x_{it} به شکل N خواهد بود. در معادلات درجه سوم، نقطه ماکزیمم و مینیمم از رابطه بدست می‌آید. شکل ۴ نشان دهنده رابطه N بین کیفیت محیط‌زیست و درآمد است.

۷- اگر $\beta_1 < 0$ و $\beta_2 > 0$ و $\beta_3 < 0$ باشد، رابطه بین کیفیت محیط‌زیست y_{it} و درآمد x_{it} به شکل N وارونه خواهد بود (Dinda, 2004).



شکل ۳- رابطه U معکوس بین کیفیت محیط‌زیست y_{it} و درآمد x_{it}



شکل ۴- رابطه N معکوس بین کیفیت محیط‌زیست y_{it} و درآمد x_{it}

بنابراین رابطه (۱) شکل رابطه کیفیت محیط‌زیست و درآمد را برآورد می‌کند. این معادله یک توضیح تجربی درباره رابطه تخریب محیط‌زیست با توجه به درآمد ارائه می‌دهد. فرم تقلیل‌یافته دارای محدودیت‌هایی در برآورد رابطه بین محیط‌زیست و درآمد است. برای تحلیل مدل‌های تقلیل یافته از توابع درجه دوم و سوم استفاده می‌کنند. تخمین محدوده درآمد سرانه که انتشار آلودگی موردانتظار در آن محدوده پایین می‌آید در مطالعات انجام شده اغلب با تفاوت‌های قابل توجه روبه‌رو است.

علاوه بر این نتایج استفاده از فرم تقلیل‌یافته، نسبت به دوره زمانی مورد استفاده، نمونه کشورهای انتخابی و غیره حساس است (Grossman & Krueger, 1995; Selden & Song, 1994; Hill & Magnani, 2002). هم‌چنین نتایج ممکن است توسط انتخاب فاکتورهای مختلف در برآورد مدل رگرسیونی تغییر کند (Borghesi, 2001).

رابطه علی رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیستی

نکته مهمی که وجود دارد آن است که در الگوهای EKC این پیش فرض در نظر گرفته می‌شود که رابطه بین درآمد سرانه و انتشار آلودگی تنها حاکی از وجود یک رابطه علیت یک‌طرفه بین این دو متغیر است. به عبارت دیگر، این درآمد است که موجب ایجاد تغییرات محیط

زیستی می‌شود و عکس آن درست نیست. این پیش فرض در مورد جهت علیت می‌تواند مانع از فهم کامل‌تر ماهیت صحیح رابطه بین محیط‌زیست و درآمد شود. افزون بر این، جهت علیت بین کیفیت محیط‌زیست و رشد اقتصادی، دلالت‌های سیاستی قابل توجه و مهمی دارد و لذا تمام پیش‌فرض‌های این چنینی ممکن است منتهی به نتایج سیاستی غلط شوند. در سال‌های اخیر اعتبار و صحت این پیش‌فرض‌ها مورد پرسش قرار گرفته است (Coondoo & Dinda, 2002).

اگر رابطه علت- اثر را بین درآمد و انتشار مدنظر قرار دهیم، دو عبارت جانشین زیر را خواهیم داشت:

$$\text{انتشار} = f(\text{درآمد})$$

$$\text{درآمد} = f(\text{انتشار})$$

عبارت اول را می‌توان به عنوان منحنی انگل برای انتشار آلودگی در نظر گرفت. با این تفسیر، فروض EKC به این معنا خواهد بود که کشش درآمدی انتشار آلودگی با افزایش در درآمد، تا حد صفر کاهش می‌یابد و در سطح درآمد حدی، منفی می‌شود. به عبارت دیگر، با در نظر گرفتن فروض EKC، همراه با رشد درآمد، وضعیت انتشار به تدریج از یک وضعیت ضروری به یک وضعیت پست تغییر می‌کند. بنابراین این مسأله یک ترجیح آشکار افراد برای محیط‌زیست پاک‌تر در سطوح بالاتر زندگی است.

رابطه دوم انتشار را به عنوان یک متغیر علت و درآمد را به عنوان یک متغیر اثر در نظر می‌گیرد. این رابطه را می‌توان به عنوان تفسیری از رابطه تولید در نظر گرفت. انتشار نهاده اصلی برای تولید درآمد است و بدون انتشار، تولید درآمد غیرممکن است. اگر این تفسیر را با فروض EKC در کنار هم قرار دهیم، دو نظام تولیدی مختلف جداگانه مطرح خواهد شد. نظام تولیدی اول در رابطه با سطوح درآمد کمتر از درآمد حدی است. در این نظام، رشد درآمد نیاز به افزایش در انتشار دارد. نظام تولیدی دوم در رابطه با سطوح درآمدهای بالاتر از درآمد حدی است. مشخصه این نظام، کاهش انتشار همراه با رشد درآمد است.

هم‌چنین رابطه مثبت بین درآمد و انتشار که در نظام اول مشخص شد، همان پدیده عمومی است که همه کشورهای توسعه یافته دنیای امروز در طول مرحله صنعتی شدن خود، آن را تجربه کرده‌اند. اما نظام دوم، ممکن است تحت شرایط جایگزین تحقق یابد. برای نمونه، اگر ترکیب تولید ناخالص داخلی یک کشور به تدریج از تولیداتی که انتشار بالا دارند به سمت خدماتی که انتشار کمتری دارند، تغییر کند، آن کشور ممکن است علاوه بر اینکه رشد اقتصادی را تجربه می‌کند، به همان اندازه کاهش در انتشار را نیز تجربه کند. این اعتقاد وجود دارد که این اتفاق، در برخی کشورهای توسعه‌یافته مانند آمریکا رخ داده است. ممکن است این نوع تغییر در ترکیب GDP در کشورهای توسعه یافته از طریق تجارت جهانی آسان گردد، به طوری که این کشورها می‌توانند تولیدات برخی کالاهای به شدت آلوده‌کننده خود را به کشورها در حال توسعه منتقل کنند و خود وادکننده این تولیدات باشند. متناوباً اگر در دوره توسعه، یک کشور قادر باشد که سوخت فسیلی سنتی را با منبع انرژی دیگری جایگزین کند، یعنی تلاش هوشیارانه‌ای برای بهبود یا حفاظت از محیط‌زیست انجام دهد، آنگاه حتی اگر درآمد آن کشور هم‌چنان روی بخش صنعت متمرکز باشد و به این روند ادامه دهد، ممکن است یک وابستگی منفی نیز بین انتشار و درآمد ظاهر شود. بنابراین به وضوح علیت عکس یک موضوع مهم خواهد بود و مسئله مورد توجهی برای کشورهایی خواهد بود که از سوخت سنتی استفاده می‌کنند که برای این کشورها، همانطور که درآمد در طول زمان افزایش می‌یابد، سهم صنعت در GDP به افزایش یافتن ادامه می‌دهد.

برای تفسیر فروض EKC ممکن است بتوان دو نوع علیت بالا را نیز ترکیب کرد، بنابراین می‌توان گفت که علیت از انتشار به درآمد، در بخشی افزایشی EKC، متناظر با سطوح پایین‌تر درآمد عمل می‌کند. هنگامی که برای اولین بار سطح درآمد حدی به دست می‌آید، یک تقاضای اجتماعی قوی برای محیط‌زیست پاک‌تر، اقتصاد را به یک تغییر تدریجی به سمت تکنولوژی‌های تولید که آلودگی کمتری انتشار می‌دهند، سوق می‌دهد. بنابراین هنگامی که فرض برقرار می‌شود، می‌توان گفت که علیت از درآمد به انتشار در بخش کاهشی EKC عمل می‌کند.

(Dai *et al.*, 2022; Bahrami *et al.*, 2013)

اثرات سایر عوامل مؤثر بر آلودگی محیط‌زیستی

براساس مبانی تئوریک، عوامل تأثیرگذار بر انتشار آلودگی بسیار گسترده هستند. در این مطالعه به بررسی مبانی نظری برخی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار همچون

شهرنشینی و صنعتی شدن بر انتشار آلودگی پرداخته خواهد شد.

صنعتی شدن: اهمیت صنعت و تکنولوژی در جوامع در حال توسعه، توانایی بالقوه‌ی آن برای دستیابی به اهداف توسعه‌ای تقریباً در همه جوامع، مورد بحث و توافق قرار گرفته‌است. استدلال غالب آن بود که برای تأمین نیازهای جمعیت رو به رشد کره‌ی زمین تنها راه حل افزایش تولید با استفاده از صنعت است (Firouzabadi *et al.*, 2017; Hunt, 2007).

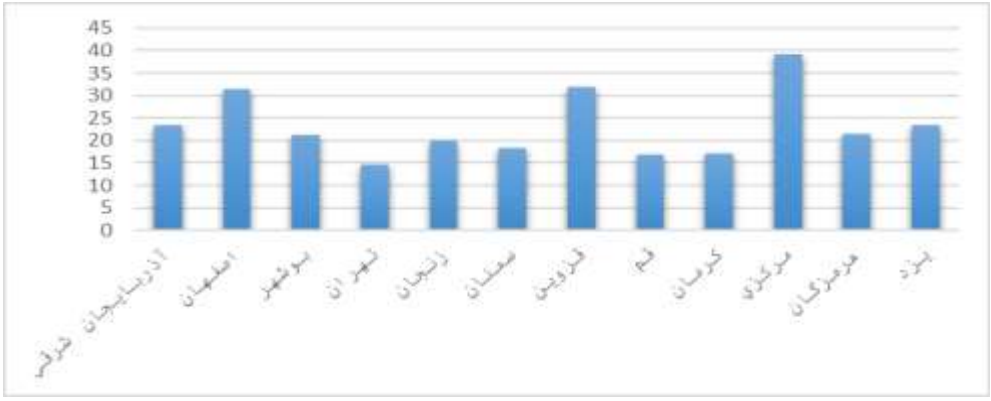
واژه صنعتی‌شدن در ادبیات اقتصادی به‌عنوان کلید توسعه‌ی سریع اقتصادی تلقی شد، که از طریق آن می‌توان آینده‌ای با امکانات تولیدی بهتر، افزایش فرصت‌های اشتغال، نوسازی فعالیت‌های اقتصادی و یافتن جایگاه مناسب در عرصه بین‌المللی را تحقق بخشید (Consulting Engineers & Rozboom, 2013). صنعتی شدن (صنعتی کردن)، تجهیز شهر و یا یک منطقه از نظر صنعتی است. در سطح یک کشور، به معنای گذشتن از یک مرحله فعالیت‌های زراعی است که تا پیدایی فرایند صنعت اساسی شناخته می‌شوند و دستیابی به فعالیت‌های صنعتی یعنی مجموع فنون و حروفی که مواد اولیه را در جهت انطباق با نیازهای انسانی مورد استفاده قرار می‌دهند (به استثنای امور مربوط به فعالیت‌های کشاورزی) (Biro, 1986). Francois Perroux اقتصاددان فرانسوی، فرایند صنعتی شدن را ساخت‌دهی یک واحد اقتصادی با ادغام نظام ماشینی در درون آن می‌داند، چنانکه کارایی انسان ارتقا پذیرد (Sarokhani, 2001).

جامعه‌ای را صنعتی می‌خوانند که نه تنها در آن فعالیت‌های مرتبط با صنعت در تمامی شاخه‌هایش، فعالیت‌های غالب به شمار می‌روند، بلکه اکثر افراد با روحیه‌ای عقلانی و احراز کارایی صنعتی، به کار بپردازند و نهادها نیز با چنین شیوه‌ای اداره شوند (Biro, 1986). در صنعتی شدن از یک‌سو مسأله‌ی اشتغال، تولید، خودکفایی و بسیاری از مشخصه‌های مشابه دیگر مطرح است و از سوی دیگر آلودگی، تخریب، خسارت و مسائلی از این‌دست به چشمه می‌خورد. (Rezvani *et al.*, 2007).

آثار جانبی منفی که صنعتی شدن ممکن است به همراه داشته باشد، عبارت‌اند از:

- بیگانگی (یعنی در هم شکستن روابط و شبکه‌های اجتماعی) و ورود فزاینده معیارهای بازار در زندگی روزمره
- شهرنشینی سریع توأم با فقر، مسکن نامناسب، تسهیلات زیر بنایی در حال تلاشی، بهداشت نامناسب و دسترسی اندک به تعلیم و تربیت
- زوال محیط‌زیست از طریق آلودگی صنعتی هوا و آبراه‌ها (Jooshi, 1997).

با توجه به تعاریف فوق و کارهای علمی- پژوهشی انجام شده، در مطالعه حاضر برای محاسبه شاخص صنعتی شدن از نسبت ارزش افزوده بخش صنعت به کل ارزش افزوده استفاده شده‌است. استان‌هایی که شاخص فوق برای آن‌ها بالاتر از میانگین کشوری بوده‌است به‌عنوان استان‌های صنعتی انتخاب شده‌اند.



شکل ۵- میانگین شاخص صنعتی شدن استان‌های صنعتی در بازه زمانی (۱۳۹۹-۱۳۷۶)

شکل ۵ نشان‌دهنده متوسط میزان شاخص صنعتی شدن در استان‌های صنعتی کشور طی سال‌های مورد مطالعه می‌باشد. طبق این نمودار استان مرکزی با شاخص ۳۹/۰۸ و استان تهران با شاخص ۱۴/۵۷ به ترتیب بیشترین و کمترین میزان نسبت ارزش افزوده صنعت به کل ارزش افزوده را دارا می‌باشند.

شهرنشینی: دو دیدگاه متفاوت در مورد رابطه نسبت شهرنشینی و آلودگی محیط‌زیست وجود دارد:

۱. دیدگاه نخست اشاره می‌کند که روند شهرنشینی با افزایش مستمر منطقه و جمعیت شهری و همچنین تداوم تخریب محیط زیست همراه است .کیفیت هوا روند رو به وخامت را در بسیاری از کشورهای جهان نشان می‌دهد که شهرنشینی و صنعتی شدن سریع را تجربه می کنند (Ulpiani, 2021; Ebenstein *et al.*, 2017) ظهور تراکم جمعیت شهری، مقاومت محیط زیستی را در میان شهرها کاهش می‌دهد و منجر به تنش‌های شدید منطقه‌ای ناشی از این "سندرم شهری" می‌شود (Pickett *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2021; Fang & Ren, 2017). علاوه بر این، در زمینه شهرنشینی، تصور می‌شود که فعالیت‌های اجتماعی- اقتصادی مرتبط با فرآیند شهرنشینی محرک‌های مهم‌تری برای آلودگی هستند و روابط علت و معلولی آن‌ها به طور گسترده در مطالعات اخیر اندازه‌گیری شده است (Wu *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020; Shi *et al.*, 2020).

۲. فرهنگ شهرنشینی باعث می‌گردد که مصرف انرژی در شهرها نسبت به روستاها بهینه‌تر گردد و آلودگی هوا کاهش یابد، در برخی مطالعات شهرنشینی، منجر به کاهش تقاضای انرژی در حمل‌ونقل شخصی شده است. در نتیجه استفاده مردم از حمل و نقل عمومی افزایش یافته و انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد (Wiedenhofer *et al.*, 2013; Alam *et al.* 2007,).

پیشینه تحقیق

Hoagland در ۲۰۱۱ در پژوهشی با عنوان "ارزیابی محیط‌زیست و تأثیرات اجتماعی کارخانه سیمان" بدین نتایج دست یافته است: اثرات منفی ناشی از ایجاد کارخانه سیمان به‌صورت از دست دادن زیستگاه‌های محیط‌زیستی گیاهان و جمعیت جانوران، تولید آلاینده‌های صوتی، ایجاد مزاحمت برای مردم در خانه‌ها و مدارس همراه بوده است.

Atwi و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای تحت عنوان "بازبینی مجدد منحنی کوزنتس CO_2: از طریق مدل‌های مقاطع به پانلی" به بررسی منحنی محیط‌زیستی کوزنتس برای دوره زمانی ۱۹۹۲-۲۰۱۱ برای ۱۸۲ کشور جهان و با استفاده از مدل‌های پانل و مقطعی پرداختند. در هر دو مدل فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس مورد قبول واقع شد. البته در برخی نقاط این فرضیه رد شد که به دلیل ساختار ناهمگن و شکست‌های ساختاری فضایی می‌باشد.

Ouyang و همکاران در ۲۰۱۹ در مطالعه‌ای تحت عنوان "مقررات محیط‌زیستی، رشد اقتصادی و آلودگی هوا؛ تحلیل آستانه پانلی برای کشورهای OECD" به بررسی روابط غیرخطی بین مقررات محیط‌زیستی، رشد اقتصادی و آلودگی هوا در کشورهای OECD و با استفاده از تحلیل آستانه‌ای پانلی پرداخته‌اند. نتایج برآوردها نشان داد که همراه با افزایش در استراتژی‌های سیاستی محیط‌زیستی، ابتدا انتشار آلاینده‌ها افزایش می‌یابد و سپس همبستگی بی‌معنی بین آن‌ها برقرار می‌شود و بنابراین اگر روندهای فعلی ادامه یابد انتظار می‌رود میزان آلاینده‌ها کاهش یابد. رابطه بین تولید ناخالص داخلی سرانه با آلودگی در طی سه مرحله از برآورد مدل آستانه‌ای، منفی و معنادار است.

Xie و همکاران در ۲۰۱۹ در مطالعه‌ای تحت عنوان "آیا وجود فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس بین رشد اقتصادی و آلودگی مه در چین وجود دارد؟ شواهد جدیدی از مدل‌های خودرگرسیون فضایی نیمه پارامتریک" به بررسی وجود رابطه کوزنتس محیط‌زیستی بین رشد اقتصادی و آلاینده‌های دودی در ۲۴۹ شهر چین با استفاده از مدل‌های خودرگرسیون فضایی نیمه پارامتریک در سال ۲۰۱۵ پرداخته‌اند. نتایج نشان‌دهنده رابطه U شکل معکوس بین رشد اقتصادی و غلظت $PM_{2.5}$[۳] و تأییدکننده فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس است.

Liu و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای تحت عنوان "آیا توسعه چین با منحنی محیط‌زیستی کوزنتس مطابقت دارد؟"با استفاده از داده‌های پانلی برای استان‌های چین

[۳] ذرات $PM_{2.5}$ ذرات ریزی هستند که اندازه آنها کمتر از ۲،۵ میکرومتر یا میکرون است، و یکی از عوامل اصلی آلودگی هوا هستند.

طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۵ به بررسی تأثیرات رشد اقتصادی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار دی‌اکسیدکربن پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که یک رابطه U شکل معکوس بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن، و یک رابطه N شکل معکوس بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و انتشار دی‌اکسیدکربن وجود دارد.

Setyadharma و همکاران در ۲۰۲۰ در مطالعه خود تحت عنوان "بینشی جدید از وجود منحنی محیط‌زیستی کوزنتس در اندونزی" به بررسی منحنی کوزنتس با استفاده از روش رگرسیون پانل داده از ۳۳ استان اندونزی طی سال های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۸ پرداخته‌اند. نتیجه وجود فرضیه EKC در اندونزی را تأیید می‌کند. این مطالعه با برآورد نقطه عطف نشان می‌دهد که سطح درآمد تأثیر مثبتی بر بهبهود کیفیت محیط‌زیست می گذارد.

Pontarollo و Serpieri (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای تحت عنوان "آزمون فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس برای زمین؛ مورد رومانی، سیاست کاربری زمین" به بررسی تجربی فرضیه منحنی کوزنتس برای ۴۲ استان رومانی طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ با استفاده از تکنیک‌های اقتصادسنجی پانل فضایی پرداختند. آن‌ها به یک منحنی کوزنتس برعکس دست یافتند به این معنی که سطوح بالاتری از منطقه مسکونی ساخته شده در سطوح بالاتری از ثروت رخ می‌دهد، علاوه بر این زمین‌های ساخته شده در رومانی عمدتا منعکس‌کننده فرآیندهای گسترش شهری، مانند پراکندگی یا حاشیه‌نشینی است که ممکن است پیامدهای محیط‌زیستی و اجتماعی مضر داشته باشد.

Bibi و Jamil (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای تحت عنوان "آزمون فرضیه منحنی محیط‌زیستی کوزنتس در مناطق مختلف" خود نشان دادند طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ یک پیوند U شکل معکوس بین آلودگی هوا و رشد اقتصادی در شش منطقه مختلف وجود دارد و فرضیه منحنی کوزنتس تنها در صحرای جنوب آفریقا پشتیبانی نمی‌شود. بنابراین، این فرضیه که مناطق مختلف دارای روابط EKC نامشابه هستند در این مطالعه تأیید می‌گردد.

Icen (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای با عنوان "منحنی محیط زیستی کوزنتس در کشورهای D8 شواهدی از همگرایی پانل" به بررسی اعتبار فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس طی سال‌های ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۴ در کشورهای D8 با استفاده از روش پانل پرداخته‌است. این مطالعه از فرضیه منحنی کوزنتس N شکل در کشورهای فوق پشتیبانی می‌کند.

Zhang (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای تحت عنوان "فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس بر انتشار دی‌اکسیدکربن؛ شواهدی از چین" با استفاده از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی رابطه طولانی مدت بین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و درآمد را مورد بررسی قرار داده‌است. نتایج کار وی نشان داد که به جای فرضیه EKC معمولی U شکل، رابطه N شکل بین انتشار CO_2 و تولید ناخالص داخلی واقعی (GDP) سرانه در بلندمدت وجود دارد.

Dai و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای تحت عنوان "آیا معیارهای اکولوژیک بر منحنی محیط‌زیستی کوزنتس تأثیرگذار است؟ تحلیلی با استفاده از ردپای زمین در حوضه رودخانه ویلی چین" به بررسی فرضیه محیط زیستی کوزنتس برای حوضه رودخانه ویلی در چین پرداخته‌اند که با استفاده از ردپای زمین به عنوان نماینده‌ای از تخریب محیط‌زیستی مورد آزمون قرار می‌گیرد. نتایج نشان داد که اقدامات اکولوژیکی اجرا شده در شهرهای حوضه رودخانه، باعث رخ دادن زودتر جداسازی شده است، به عبارتی سرمایه‌گذاری‌ها در چین در جهت سرمایه‌گذاری‌های طبیعی بوده است و پیشرفت اقتصادی از نگرانی‌های محیط‌زیستی در سال‌های اخیر کاسته است.

Moradian (۲۰۱۷) در پایان‌نامه خود با عنوان "تخمین پارامتری و ناپارامتری منحنی محیط‌زیستی کوزنتس (مطالعه موردی ایران)"، به تأیید فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس در ایران و استان‌های آن پرداخته‌است. در این مطالعه به منظور بررسی رابطه درآمد سرانه و انتشار آلودگی (CO_2) در ایران، دوره‌ای از سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۷۰ انتخاب شده است. از آن‌جا که نتایج تخمین پارامتری از سری زمانی توسط GLS نامعتبر است، تخمین ناپارامتری با استفاده از روش اسپلاین مورد استفاده قرار گرفته است که نتایج آن فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس را تأیید می‌کند. در داده‌های پانل (استان‌های ایران) دوره زمانی بین سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۷۹ در نظر

گرفته شده است. نتایج تخمین پارامتری داده‌های پانلی با استفاده از روش FGLS فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس را برای استان‌های ایران مورد تأیید قرار می‌دهد. براساس نتایج دقیق تخمین پارامتری داده‌های پانل، تخمین ناپارامتری نادیده گرفته می‌شود. نتایج تخمین ناپارامتری سری زمانی و تخمین پارامتری داده‌های پانل نشان داد که منحنی محیط‌زیستی کوزنتس در ایران وجود دارد.

Motaghi (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای تحت عنوان "تحلیل مقایسه‌ای فرضیه کوزنتس در گروه کشورهای منتخب در حال توسعه با تأکید بر شاخص‌های توسعه" به بررسی مقایسه‌ای فرضیه کوزنتس در کشورهای منتخب در حال توسعه پرداخته و با کاربرد شاخص‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و انسانی در تفسیر این فرضیه علاوه بر بررسی فرضیه مذکور، تأثیر شاخص‌های توسعه بر آلودگی محیط زیست کشورهای موردبررسی را در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ مورد تحلیل قرار داده است. تخمین مدل تحقیق که با استفاده از روش داده‌های تابلویی و برای سه گروه کشورهای در حال توسعه، در حال توسعه نفتی و در حال توسعه غیرنفتی انجام گرفته، بیانگر این نتایج است: فرضیه کوزنتس در کشورهای منتخب در حال توسعه و کشورهای نفتی تأیید شده ولی در کشورهای غیرنفتی فرضیه فوق رد شده‌است.

Firouzabadi و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای تحت عنوان "صنعتی شدن و پیامدهای اجتماعی و محیط زیستی؛ تحلیل روایت ساکنان پیرامون طرح پتروشیمی مهاباد" به بررسی و تحلیل پیامدهای اجتماعی و محیط زیستی ورود صنعت پتروشیمی بر جوامع محلی پیرامون طرح پتروشیمی مهاباد با استفاده از روش مصاحبه و کدگذاری باز در دو مرحله (اولیه و متمرکز) پرداخته‌اند. نتایج پژوهش نشان داد که ورود صنعت پتروشیمی به این منطقه مشکلات اجتماعی و محیط‌زیستی را فراهم آورده است.

Mahdavi و Azizmohammadlou (۲۰۱۸) در مطالعه خود تحت عنوان "بررسی تأثیر صنعتی شدن بر کیفیت محیط‌زیست در ایران با تأکید بر نقش تعدیل‌کننده‌ی سرمایه اجتماعی (رهیافت فیلتر کالمن)" به بررسی نقش سرمایه‌ی اجتماعی در کنترل تبعات محیط‌زیستی حاصل از فرآیند صنعتی شدن در ایران در دوره زمانی ۱۳۵۹ تا ۱۳۹۴ با استفاده از روش رهیافت کالمن پرداخته‌اند. یافته‌ها حاکی از آن است که در بلندمدت، ارتباط منفی معنادار بین سرمایه اجتماعی و میزان تأثیر صنعتی شدن بر محیط‌زیست در ایران برقرار است.

Amirkhiz و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای تحت عنوان "تجزیه و تحلیل تئوریک و تجربی منحنی آلودگی محیط‌زیست کوزنتس در ایران طی دوره ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵" به بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی محیط زیست در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ با استفاده از روش الگوی خودتوضیح با وقفه گسترده پرداخته‌اند. نتایج حاصل از برآورد مدل نشان‌دهنده وجود رابطه مثبت بین متغیرهای درآمد سرانه و آلودگی محیط‌زیست و رابطه منفی بین مربع درآمد سرانه و آلودگی محیط‌زیست می‌باشد. لذا فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس در ایران صادق بوده است و هم‌چنین نقطه برگشت منحنی نشان می‌دهد که ایران هنوز به نقطه برگشت منحنی محیط‌زیستی کوزنتس نرسیده است.

Goli (۲۰۱۹) در مطالعه خود تحت عنوان "بررسی اثرات فضایی صنعتی شدن بر کیفیت محیط زیست در استان‌های ایران " با استفاده از داده‌های استانی برای دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۳ به بررسی اثر فضایی صنعتی شدن بر انتشار دی‌اکسیدکربن با استفاده از رهیافت اقتصاد سنجی فضایی پرداخته‌است. نتایج نشان داده است که صنعتی شدن اثر مثبت و معناداری را بر انتشار CO_2 دارد.

Alipurfard (۲۰۲۰) در مطالعه خود تحت عنوان "اثر عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته؛ مدل‌های فضایی و رژیم فضایی" به بررسی اثر عوامل اقتصادی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۶ با استفاده از روش مدل‌های فضایی و رژیم فضایی پرداختند. آزمون فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس در این مطالعه نشان می‌دهد که این فرضیه برای کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته معتبر است و آزمون فرضیه سرریز فضایی کوزنتس نیز در این تحقیق تأیید گردید.

Zalouabi (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای تحت عنوان "بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت محیط‌زیست: مطالعه موردی کشورهای آسیایی" به بررسی تأثیر متغیرهای اقتصادی و غیراقتصادی بر میزان انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن و تخریب محیط‌زیست با استفاده از داده‌های پانلی در

کشورهای چین، هند، روسیه، ژاپن، ایران، عربستان سعودی و کره‌جنوبی در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ پرداختند. در این مطالعه نشان داده شده‌است که در مراحل اولیه رشد، افزایش تولید ناخالص داخلی موجب کاهش کیفیت محیط‌زیست می‌شود، ولی در ادامه و با توسعه‌یافتگی اقتصادها، افزایش تلید منجر به بهبود کیفیت محیط‌زیست می‌شود و در واقع فرضیه منحنی کوزنتس تأیید می‌گردد.

(Bagheri & Ansari Samani, 2021) در مطالعه‌ای تحت عنوان "پیش‌بینی انتشار گار کربنیک ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و تغییرات محیطی (مطالعه موردی: ایران)" به پیش‌بینی انتشار گار کربنیک ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و تغییرات محیطی در ایران برای دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۸۲ پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد انتشار گاز کربنیک ناشی از مصرف گاز طبیعی، انتشار بیشتری از مصرف سایر سوخت‌های فسیلی خواهد داشت.

Sadeghi و Khodadad (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای تحت عنوان "بررسی رابطه توسعه‌یافتگی کشورها و کیفیت محیط زیست و تأثیرات معاهده محیط‌زیستی پاریس بر اقتصاد کشورها" به بررسی سنجش رابطه توسعه اقتصادی کشورها با میزان رشد گاز دی‌اکسیدکربن پرداختند. بررسی‌ها نشان می‌دهد کشورهای در حال توسعه، به دلیل تدوین ناقص قوانین محیط‌زیستی و عدم امکان مدرن‌سازی بخش‌های تولیدی، کشاورزی، صنعت، حمل و نقل و نبود اهرم‌های فشار مالی بر صنایع آلاینده در بازار سرمایه، از بخش محیط‌زیست غافل شده و باعث بالا رفتن قیمت تمام‌شده کربن و تحمل فشارها و تبعات ناشی از آن می‌شوند.

Apergis (۲۰۱۶)، Lamla (۲۰۰۹)، Carlos (۲۰۰۷)، Herati و همکاران (۲۰۱۳)، Asghari و Ameli (۲۰۱۱)، Dehghan (۲۰۰۸)، Salimifar و Dehnavi (۲۰۰۹) و Pourkazmi و Ebrahimi (۲۰۰۸) در مطالعه خود منحنی محیط‌زیستی کوزنتس را تأیید کردند. در حالی که در مطالعه Shabani و همکاران (۲۰۱۰) منحنی محیط زیستی کوزنتس مورد تأیید واقع نشد. از سوی دیگر Holtz-Eakin و Selden (۱۹۹۵)، Azomahou و همکاران (۲۰۰۶)، منحنی فزاینده یکنواخت را کشف کردند و منحنی N شکل توسط Friedl و Getzner (۲۰۰۳)، Brajer و همکاران (۲۰۰۸)، Egli و Steger (۲۰۰۷)، Dai و همکاران (۲۰۲۲) و Bagheri و Ansari Samani (۲۰۲۱) معرفی شد. دستیابی به منحنی N شکل بدین معناست که پس از عبور از یک فاز شبیه EKC (U معکوس، که در آن پس از یک دوره تخریب محیط‌زیست به واسطه رشد اقتصادی کیفیت محیط زیست بهبود یافته)، رشد اقتصادی بیشتر مجدداً منجر به تخریب محیط‌زیست می‌شود. با این وجود، Richmond و Kaufmann (۲۰۰۶) دریافتند که هیچ رابطه معناداری میان رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن وجود ندارد.

لازم به ذکر است عموماً در مطالعات، برای آلاینده متغیر دی‌اکسیدکربن (CO_2) در نظر گرفته می‌شود، ولی در این مطالعه علاوه بر آن، آلاینده‌های اکسیدهای گوگرد (SO_X) نیز مورد استفاده قرار خواهند گرفت. تمایز بعدی در استفاده از معادله درجه سوم برای بررسی منحنی کوزنتس می‌باشد، نکته‌ای که در اکثر مطالعات تنها به توابع درجه دوم از منحنی کوزنتس پرداخته‌اند. هم‌چنین در کار گلی روش اقتصادسنجی فضایی استفاده شده‌است در حالی که در کار فوق تنها از متغیرهای فضایی در مدل استفاده شده‌است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ابتدا با استفاده از آزمون‌های ریشه‌واحد پانلی، مانایی متغیرها مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی کائو، رابطه هم‌جمعی بین متغیرها و وجود و عدم وجود رگرسیون کاذب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در نهایت با بهره‌گیری از روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده و حداقل مربعات پویا به برآورد ضرایب متغیرها پرداخته خواهد شد.

در این پژوهش از پایه‌های نظری منحنی محیط‌زیستی کوزنتس بر اساس مدل Grossman و Krueger (۱۹۹۱)، برای بررسی اثرات خطی و غیرخطی رشد اقتصادی (مشخصاً تولید ناخالص داخلی سرانه به عنوان شاخصی از رشد اقتصادی) بر آلودگی در ۱۲ استان صنعتی کشور طی دوره زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ در ۳ معادله مختلف از آلاینده‌ها شامل دی‌اکسیدکربن (CO_2)، دی‌اکسیدگوگود

(SO_2)، تری اکسیدگوگرد تری‌اکسید (SO_3)، استفاده شده است که تلاش می‌شود با بهره‌گیری از روش‌های اقتصادسنجی پانلی حداقل مربعات کاملاً، حداقل مربعات پویا این روابط تعیین شوند. هدف از انتخاب و تفکیک سه آلاینده مختلف در معادلات جداگانه، بررسی دقیق میزان رشد اقتصادی بر هر کدام از این آلاینده‌ها می‌باشد که تا چه حدی رشد اقتصادی توانسته موجب افزایش یا کاهش آلاینده‌ها در استان‌های صنعتی ایران شود.

علاوه بر این به دلیل وجود جزء مکانی در داده‌های مورد بررسی و با توجه به مجاورت و همسایگی استان‌ها با یکدیگر، ابتدا ماتریس اثر تشکیل و با ضرب در متغیر وابسته، به عنوان اثر فضایی محیط‌زیستی در مدل قرار داده شده است (He, 2015).

هم‌چنین لازم به ذکر است، تعیین استان‌های صنعتی کشور با استفاده از محاسبه شاخص صنعتی شدن در استان‌های ایران و مقایسه آن با میانگین کل کشوری بود. در صورتی که از میانگین کل کشوری بزرگتر باشند، به عنوان استان‌های منتخب صنعت شناخته می‌شوند. براین اساس استان‌های تهران، قم، زنجان، کرمان، سمنان، بوشهر، هرمزگان، آذربایجان شرقی، اصفهان، قزوین، مرکزی، یزد به عنوان استان‌های صنعتی ایران شناخته شده‌اند. براساس مطالعات Atwi و همکاران (۲۰۱۸)، Ketenci (۲۰۱۸)، Ouyang و همکاران (۲۰۱۹) و Xie و همکاران (۲۰۱۹) از متغیرهای نرخ شهرنشینی و شاخص صنعتی شدن در معادلات منحنی محیط‌زیستی کوزنتس استفاده کرده‌اند. ولی در این مطالعه باتوجه به اثرگذاری استان‌ها در انتقال آلودگی از متغیر فضایی آلودگی نیز در متغیرهای مستقل استفاده شده است. معادلات (۲) تا (۴) این متغیرها را نشان می‌دهند:

$$LCO_{2_{it}} = C + \beta_1 LGDP_{it} + \beta_2 LGDP_{it}^2 + \beta_3 LGDP_{it}^3 + \beta_4 LINDUST_{it} + \beta_6 LUR_{it} + \beta_7 LSIP_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۲)$$

$$LSO_{2_{it}} = C + \beta_1 LGDP_{it} + \beta_2 LGDP_{it}^2 + \beta_3 LGDP_{it}^3 + \beta_4 LINDUST_{it} + \beta_6 LUR_{it} + \beta_7 LSIP_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۳)$$

$$LSO_{3_{it}} = C + \beta_1 LGDP_{it} + \beta_2 LGDP_{it}^2 + \beta_3 LGDP_{it}^3 + \beta_4 LINDUST_{it} + \beta_6 LUR_{it} + \beta_7 LSIP_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۴)$$

به طوری که:

$LCO_{2_{it}}$: لگاریتم میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن

$LSO_{2_{it}}$: لگاریتم میزان انتشار گوگرد دی‌اکسید

$LSO_{3_{it}}$: لگاریتم میزان انتشار گوگرد تری‌اکسید

نکته حائز اهمیت در خصوص محاسبه انتشار آلاینده‌ها، از آنجا که آمار انتشار آلاینده‌های هوا در ترازنامه انرژی سال‌های مختلف تنها برای کل کشور گزارش شده است و آماری برای استان‌ها وجود ندارد، در این مطالعه آمار انتشار آلاینده‌های هوا برای استان های کشور طی دوره ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۹ محاسبه شده است. برای محاسبه میزان انتشار آلاینده‌های هوا در سطح استان‌های کشور، فرض شده است که در سطح استان‌ها و کشور از یک نوع فناوری یکسان که برای تولید هر واحد به نسبت مساوی آلاینده هوا ایجاد می‌کنند. بنابراین از آمارهای سهم ارزش افزوده بخش‌های مختلف اقتصادی هر استان از کل کشور و میزان آلاینده‌های هوای منتشر شده در کشور استفاده می‌شود؛ اما به دلیل این‌که بخش‌های انتشاردهنده آلاینده‌ها گزارش شده برای کل کشور با دسته‌بندی بخش‌های اقتصادی در آمار تولید استان‌ها، متفاوت می‌باشند، به اجبار بخش‌های مختلف با یکدیگر ادغام شده‌اند.

پس از محاسبه آمار بخش‌های مختلف در چهار بخش کشاورزی، صنعت، حمل‌ونقل و خدمات، جهت محاسبه ارقام استان‌هایی که در طول دوره تفکیک شده‌اند، از سهم استان در دوره پیش از تفکیک و سهم استان پس از تفکیک استفاده شده است. در نهایت آمار به دست آمده انتشار آلاینده‌ها برای بخش‌های مختلف هر استان را با یکدیگر جمع شده است تا میزان انتشار هر نوع آلاینده به تفکیک استان‌ها به دست آید.

$LGDP_{it}$: لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه به قیمت ثابت سال پایه ۱۳۹۰

$LGDP_{it}^2$: توان دوم لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه به قیمت ثابت سال پایه ۱۳۹۰ برای تعیین رابطه U شکل فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس

$LGDP_{it}^{3}$: توان سوم لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه به قیمت ثابت سال پایه ۱۳۹۰ برای تعیین رابطه N شکل فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس

$LINDUST_{it}$: لگاریتم شاخص صنعتی شدن که به صورت نسبتی از ارزش افزوده بخش صنعت به کل ارزش افزوده هر استان محاسبه می‌شود.

LUR_{it}: لگاریتم جمعیت شهری

$LSIP_{it}$: لگاریتم حاصلضرب ماتریس همسایگی در متغیر وابسته (آلودگی) که به منظور بررسی آثار فضایی محیط زیستی در مدل برآورد می‌شود.

هم‌چنین C: عرض از مبدأ، ε_{it}: جمله خطا.

شایان ذکر است که داده‌های مورد استفاده جهت برآورد مدل‌ها از اطلاعات مربوط به ۱۲ استان کشور (بر اساس شاخص صنعتی شدن) و برای دوره زمانی ۱۳۹۹-۱۳۷۹ استخراج شده است.

جدول ۱ خلاصه‌ای از آمار توصیفی متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش را ارائه می‌دهد. آماره جارک- برا با درجه آزادی دو و توزیع کای-دو، فرضیه نرمال بودن توزیع را بررسی می‌کند. فرضیه صفر این آزمون دال بر نرمال بودن است. بنابراین اگر احتمال آن کمتر از ۰/۰۵ باشد، فرضیه صفر رد خواهد شد. در داده‌های مورد بررسی در این مقاله، اگرچه احتمال آماره جارک-برا برای همه‌ی متغیرها پایین‌تر از ۰/۰۵ درصد است (رد فرضیه نرمال بودن توزیع داده‌ها)، ولی با توجه به این‌که حجم نمونه‌ها در این پژوهش برای هر متغیر ۲۱۶ داده است، لذا طبق قضیه حد مرکزی، داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار هستند.

جدول ۱- نتایج آماره‌های توصیفی متغیرهای مورد استفاده در پژوهش

متغیرها	میانگین	میانه	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	آماره جارک-برا	احتمال
گاز دی‌اکسیدکربن	۱۹۶۲۶۶۸۳	۹۸۴۶۸۹۷	۱/۴۲e	۲۱۲۱۱۳۳	۳۰۰۲۳۴۳۶	۲/۹۳	۱۰/۷۷	۸۵۲/۹۱	۰/۰۰۰
گاز دی اکسید گوگرد	۴۸۹۷۰/۷۲	۲۵۳۱۸/۰۲	۳۶۲۸۷۸/۶	۵۲۸۳/۶۰۷	۶۷۴۰۸/۷۳	۲/۷۱	۹/۷۸۸	۶۷۹/۱۶	۰/۰۰۰
گاز تری‌اکسیدگوگرد	۶۷۴/۱	۳۴۲/۱۶	۱۲۵۲۴/۳۵	۵۸/۲۴	۱۲۳۱/۳۵	۵/۸۲۲	۴۷/۹۴	۱۹۴۰۱/۳۹	۰/۰۰۰
تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه	۱۷۴۲/۲	۱۵۳۵/۵۹	۵۷۸۴/۷۶	۶۸۴/۳۱	۸۳۴/۸۴	۲/۳۵	۱۰/۰۶	۶۴۹/۴۳	۰/۰۰۰۰
شهرنشینی	۲۱۲۱/۸۴	۹۱۱/۸۱	۱۲۲۶۰/۴۳	۳۸۱/۸۱	۲۹۵۴/۲۶	۲/۵۲	۸/۱۸۷	۴۷۱/۹۶	۰/۰۰۰
صنعتی شدن	۲۳/۱۸	۲۰/۴۹	۷۰/۳۵	۹/۰۶	۹/۸۷	۱/۳	۵/۵۷	۱۲۰/۸	۰/۰۰۰۰

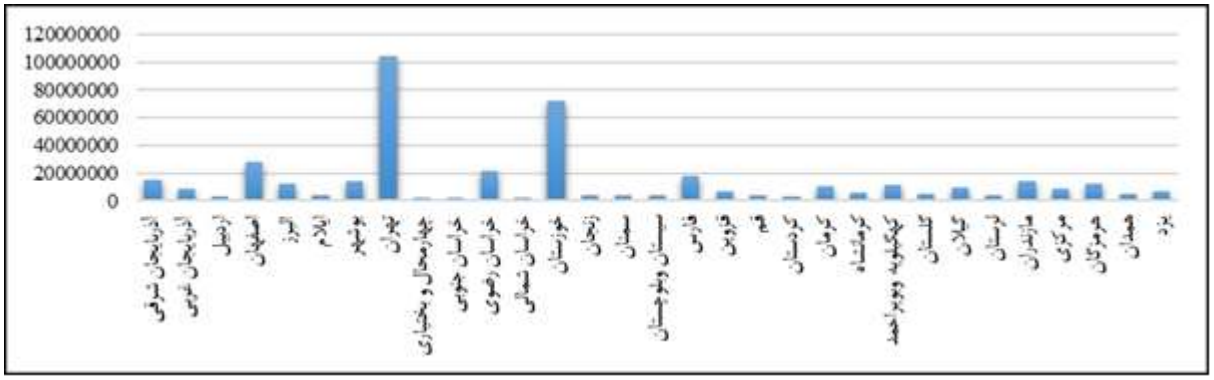
ماخذ: منابع تحقیق

چولگی برابر با گشتاور سوم نرمال شده است. چولگی در حقیقت معیاری از وجود یا عدم تقارن توزیع می‌باشد. برای یک توزیع کاملاً متقارن صفر و برای یک توزیع نامتقارن با کشیدگی به سمت مقادیر بالاتر چولگی مثبت و برای توزیع نامتقارن با کشیدگی به سمت مقادیر کوچک‌تر مقدار چولگی منفی است. داده‌های مورد مطالعه در این پژوهش، همگی چوله به راست هستند.

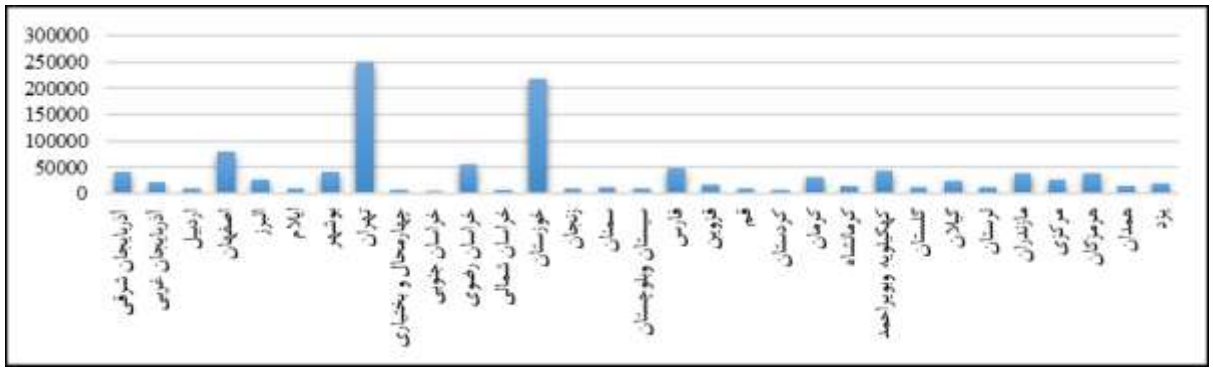
کشیدگی برابر با گشتاور چهارم نرمال شده است، به عبارت دیگر معیاری از تیزی منحنی در نقطه ماکزیمم است. متغیرها دارای کشیدگی بیشتر از کشیدگی توزیع نرمال هستند.

هم‌چنین در شکل‌های ۶ تا ۱۱ وضعیت متغیرهای مورد بررسی در پژوهش حاضر نشان داده شده است:

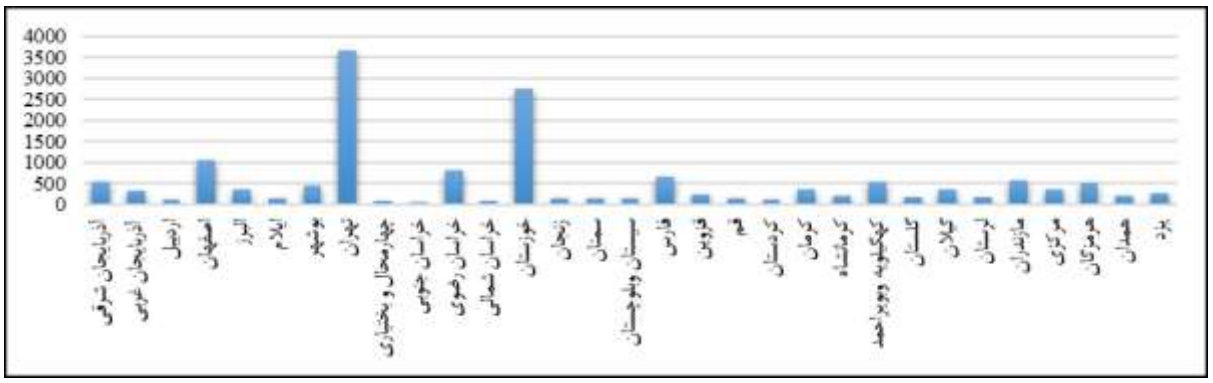
میانگین روند حجم انتشار گازهای گلخانه‌ای شامل دی‌اکسید کربن، اکسید گوگرد، تری اکسید گوگرد به صورت استانی در شکل‌های ۶ تا ۸ به تصویر کشیده شده است.



شکل ۶- میانگین حجم انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بازه زمانی (۱۳۹۹-۱۳۷۶) به تفکیک هر استان و برحسب تن



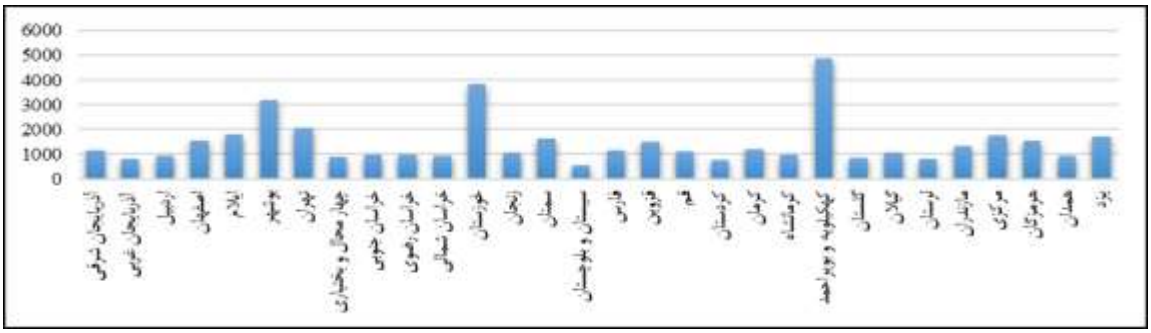
شکل ۷- میانگین حجم انتشار گاز اکسید گوگرد در بازه زمانی (۱۳۹۹-۱۳۷۶) به تفکیک هر استان و برحسب تن



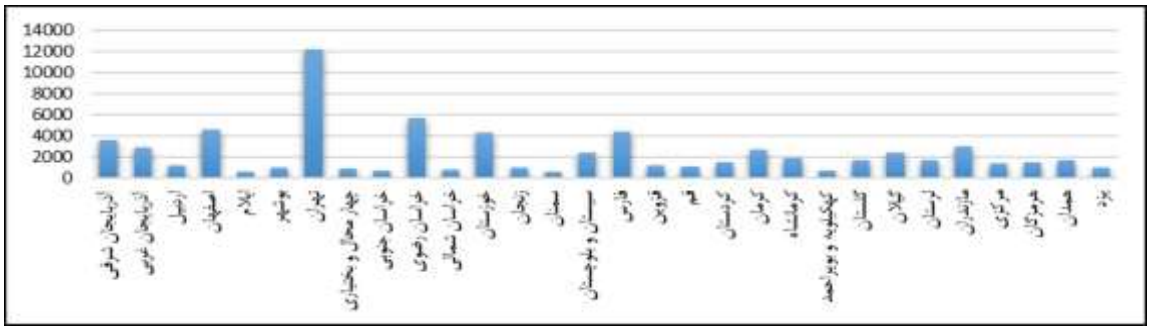
شکل ۸- میانگین حجم انتشار گاز تری اکسید گوگرد در بازه زمانی (۱۳۹۹-۱۳۷۶) به تفکیک هر استان و برحسب تن

باتوجه به نمودارها، بالاترین و پایین‌ترین میانگین حجم انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بازه زمانی مورد مطالعه به ترتیب استان تهران با ۱۰۴۶۸۱۱۵۳ تن و استان خراسان جنوبی با ۱۸۳۴۹۹۷ تن می‌باشد. بالاترین و پایین‌ترین میانگین حجم انتشار گاز گوگرددی‌اکسید در بازه زمانی موردمطالعه به ترتیب استان تهران با ۲۴۷۹۸۴ تن و استان خراسان جنوبی با ۴۷۴۹ تن می‌باشد. بالاترین و پایین‌ترین میانگین حجم انتشار گاز گوگردتری‌اکسید در بازه زمانی موردمطالعه به ترتیب استان تهران با ۳۶۶۷ تن و استان خراسان جنوبی با ۶۲ تن می‌باشد.

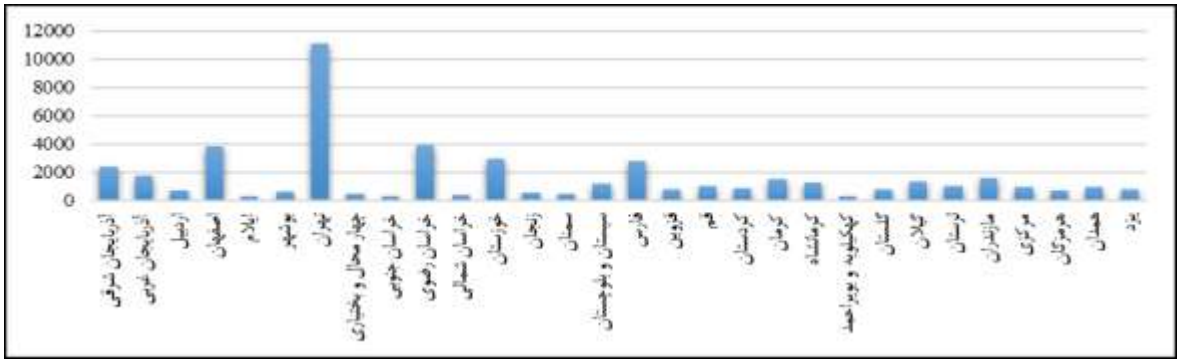
باتوجه به شکل ۹، بالاترین و پایین‌ترین میانگین تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه در بازه زمانی مورد مطالعه به ترتیب استان کهگیلویه و بویراحمد با ۴۸۹۲ هزار ریال به نفر و استان سیستان و بلوچستان با ۵۴۲ هزار ریال به نفر می‌باشد. باتوجه به شکل ۱۰، بالاترین و پایین‌ترین میانگین جمعیت در بازه زمانی مورد مطالعه به ترتیب استان تهران با ۱۲۱۵۶ هزار نفر و استان ایلام با ۵۴۴ هزار نفر می‌باشد. با توجه به شکل ۱۱، بالاترین و پایین‌ترین میانگین شهرنشینی در بازه زمانی مورد مطالعه به ترتیب استان تهران با ۱۱۰۸۵ هزار نفر و استان کهگلویه و بویراحمد با ۳۱۲ هزار نفر می‌باشد.



شکل ۹- میانگین تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه (براساس شاخص قیمت کالاها و خدمات مصرفی استانی ۱۳۹۵) به تفکیک هر استان در بازه زمانی (۱۳۹۹-۱۳۷۶)



شکل ۱۰- میانگین جمعیت هر استان در بازه زمانی (۱۳۹۹-۱۳۷۶)



شکل ۱۱- میانگین جمعیت شهرنشینی هر استان در بازه زمانی (۱۳۹۹-۱۳۷۶)

نتایج

نتایج آزمون‌های ریشه‌واحد پانلی

یکی از مشکلات عمده در رگرسیون سری‌های زمانی پدیده رگرسیون ساختگی است.یعنی علیرغم ضریب تعیین بالا ولی رابطه معناداری بین متغیرها وجود ندارد. مسأله رگرسیون ساختگی می‌تواند برای مدل تلفیقی و پانلی نیز همانند مدل‌های سری‌زمانی مطرح گردد. لذا قبل از برآورد مدل، لازم است مانایی متغیرهای مورد استفاده در مدل و همچنین وجود هم‌انباشتگی بین متغیرها بررسی شود. به‌منظور بررسی مانایی متغیرها از آزمون‌های ریشه واحد و آزمون دیکی فولراستفاده شده است. نتایج این آزمون‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. فرضیه صفر این آزمون‌ها، بیانگر نامانایی متغیرها است.

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمون‌های ریشه واحد پانلی

متغیرها	طول وقفه	آماره آزمون LLC	آماره آزمون IPS	آماره آزمون ADF	آماره آزمون PPF
LSO_2	۰	٭۰/۵۰۴۱ (۰/۶۹۲۹)	-۰/۶۲۰۳ (۰/۲۶۷۵)	۲۲/۶۱۸۴ (۰/۵۴۲۴)	۱۷/۰۹۵۴ (۰/۸۴۴۶)
$D(LSO_2)$	۱	-۳/۹۴۹۲ (۰/۰۰۰۰)	-۶/۴۳۸۳ (۰/۰۰۰۰)	۸۳/۶۰۶۴ (۰/۰۰۰۰)	۷۷/۰۵۳۵ (۰/۰۰۰۰)
LCO_2	۰	-۲/۸۱۰۳ (۰/۰۰۲۵)	-۰/۱۸۳۴ (۰/۴۲۷۲)	۲۶/۱۳۷۶ (۰/۳۴۶۲)	۲۶/۳۴۸۸ (۰/۳۳۵۷)
$D(LCO_2)$	۱	-۴/۷۶۲۲ (۰/۰۰۰۰)	-۴/۰۲۱۲ (۰/۰۰۰۰)	۵۹/۱۶۳۲ (۰/۰۰۰۱)	۶۳/۶۸۱۱ (۰/۰۰۰۰)
LSO_3	۰	۷/۶۱۱۹ (۱/۰۰۰۰)	۶/۵۸۸۲ (۱/۰۰۰۰)	۱/۳۹۹۷ (۱/۰۰۰۰)	۴/۸۶۳۷ (۱/۰۰۰۰)
$D(LSO_3)$	۱	-۳/۹۴۹۲ (۰/۰۰۰۰)	-۶/۴۳۸۳ (۰/۰۰۰۰)	۸۳/۶۰۶۴ (۰/۰۰۰۰)	۷۷/۰۵۳۵ (۰/۰۰۰۰)
LGDP	۰	-۳/۴۰۰۱ (۰/۰۰۰۳)	-۱/۹۱۷۵ (۰/۰۲۷۶)	۳۶/۸۹۶۲ (۰/۰۴۴۸)	۳۵/۱۴۹۷ (۰/۰۶۶۲)
D(LGDP)	۱	-۷/۷۹۲۲ (۰/۰۰۰۰)	-۵/۲۵۱۵ (۰/۰۰۰۰)	۷۹/۲۴۵۸ (۰/۰۰۰۰)	۱۰۱/۷۹۵ (۰/۰۰۰۰)
LINDUST	۰	۳/۸۰۴۴ (۰/۹۹۹۹)	۲/۷۹۲۳ (۰/۹۹۷۴)	۲۲/۳۳۸۷ (۰/۵۵۹۱)	۱۱/۹۹۳۳ (۰/۹۸۰۰)
D(LINDUST)	۱	-۶/۷۹۴۴ (۰/۰۰۰۰)	-۶/۰۹۰۳ (۰/۰۰۰۰)	۸۱/۲۶۵۲ (۰/۰۰۰۰)	۹۸/۶۵۱۸ (۰/۰۰۰۰)
LUR	۰	۲۵/۳۹۰۲ (۰/۰۰۰۰)	-۱۸/۱۸۷۷ (۰/۰۰۰۰)	۸۳۹/۷۶۷ (۰/۰۰۰۰)	۹۴۸/۶۹۰ (۰/۰۰۰۰)

٭اعداد بالا ضرایب آماره آزمون‌های مربوط به متغیرها و اعداد داخل پرانتز احتمال آن‌ها می‌باشد.

بررسی مقادیر آماره‌های محاسبه شده و احتمال پذیرش آن‌ها نشان می‌دهد که متغیرهای لگاریتم شهرنشینی در سطح مانا بوده و دارای میانگین، واریانس و ساختار خودکوواریانس ثابت هستند. لذا فرضیه صفر مبنی بر نامانایی متغیرها در سطح اطمینان ۹۵ درصد رد می‌شود. سایر متغیرها در سطح مانا نبوده ولی با یکبار تفاضل‌گیری مانا شدند.

نتایج حاصل از آزمون هم‌انباشتگی پانلی

از آن‌جا که متغیرهای الگو طبق آزمون‌های ریشه واحد جواب یکسانی در مورد مانایی متغیرها گزارش نمی‌دهند، برای پرهیز از وجود رگرسیون کاذب در تخمین‌ها، باید هم‌انباشتگی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار گیرد (Sori, 2011). برای این منظور جهت بررسی و وجود رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای الگو از آزمون هم‌انباشتگی Kao (1999) که بر پایه‌ی انگل-گرنجر است، استفاده می‌شود. فرضیه صفر این آزمون، عدم وجود هم‌انباشتگی است. نتایج در جدول ۳ ارائه شده‌است.

جدول ۳- نتایج حاصل از آزمون هم‌انباشتگی کائو

آماره ADF	آماره t	سطح احتمال
معادله گاز دی‌اکسیدگوگرد	-۷/۸۷۲۱	۰/۰۰۰۰
معادله گاز تری‌اکسیدگوگرد	-۳/۹۶۱۰	۰/۰۰۰۰
معادله گاز دی‌اکسیدکربن	-۵/۳۰۷۱	۰/۰۰۰۰

با توجه به نتایج جدول ۳، وجود هم‌انباشتگی بین متغیرهای الگو رد نخواهد شد و فرضیه صفر مبنی بر وجود هم‌انباشتگی تأیید می‌شود. بنابراین وجود رابطه‌ی تعادلی بلندمدت و عدم وجود رگرسیون کاذب نیز بین متغیرهای الگو تأیید خواهد شد.

نتایج آزمون‌های چاو و هاسمن (بررسی اثرات ثابت و تصادفی)

آزمون چاو برای آزمون انتخاب بین حداقل مربعات معمولی و مدل اثرات ثابت به کار می‌رود. در صورت تأیید اثرات ثابت، مدل از طریق داده‌های تابلویی برآورد می‌شود، در غیر این صورت به روش OLS تخمین زده می‌شود، زیرا فقط داده‌ها روی هم انباشته شده‌اند و تفاوت میان آن‌ها نادیده گرفته می‌شود. فرضیات این آزمون براساس μ_i ها، که معرف اثرات ثابت هستند، به صورت (۵) است:

$$\begin{cases} H_0: \mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_N = 0 \\ H_1: \text{حداقل یکی از } \mu_i \text{ها مخالف صفر است} \end{cases} \quad (۵)$$

نتایج در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به مقادیر آماره‌های محاسبه شده و سطح احتمال آن در هر سه مدل، فرضیه صفر را نمی‌توان پذیرفت و بنابراین مدل‌ها به روش داده‌های تابلویی برآورد خواهد شد.

برای تخمین مدل با داده‌های به طور کلی دو روش عمومی وجود دارد که عبارتند از روش اثرات ثابت و اثرات تصادفی. جهت تعیین بکارگیری روش مناسب، آزمون هاسمن به‌کار گرفته می‌شود. در تخمین اثرات ثابت، فرض می‌شود عرض از مبدأ برای هریک از استان‌ها وجود دارد که متفاوت از سایر استان‌هاست و این عرض از مبدأ می‌تواند با متغیرهای توضیحی مدل همبستگی داشته یا نداشته باشد که این روش به روش حداقل مربعات مجازی (LSDV) معروف است. ضمن اینکه در این مدل اثر زمان دیده نمی‌شود و تنها اثرات بخشی در نظر گرفته می‌شود. در حالی که در مدل اثرات تصادفی، اثرات انفرادی در طول زمان ثابت هستند، ولی در میان استان‌ها تغییر می‌کنند. فرضیه صفر در آزمون هاسمن به صورت (۶) بیان می‌گردد:

$$\begin{cases} H_0: \beta_{FE} = \beta_{RE} \\ H_1: \beta_{FE} \neq \beta_{RE} \end{cases} \quad (۶)$$

در صورت رد فرضیه صفر، روش اثرات ثابت سازگار و اثرات تصادفی ناسازگار است و باید از روش اثرات ثابت استفاده کرد. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۴، در هر سه مدل روش اثرات ثابت پذیرفته شده است.

نتایج برآورد معادلات به روش حداقل مربعات پویا (DOLS)

Stock و Watson (۱۹۹۳) با تعدیل روش حداقل مربعات معمولی، روشی برای برآورد رابطه میان متغیرهای دارای روندهای تصادفی پیشنهاد کرده‌اند و آن را حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) نامیده‌اند. مقصود از پویا بودن، آن است که در این روش الگوی زمانی واکنش یک متغیر وابسته، نسبت به تغییرات متغیر یا متغیرهای مستقل مورد توجه قرار می‌گیرد. چراکه، برآوردهای OLS دارای توزیع غیرنرمال هستند و در نتیجه، استنباط آماری براساس آماره t محاسبه شده می‌تواند گمراه‌کننده باشد (Stock & Watson, 1993).

Kao و Chiang (۲۰۰۰) روش DOLS را برای داده‌های پانلی توسعه دادند و نشان دادند استفاده از این روش می‌تواند به ایجاد برآوردگرهایی با توزیع مجانبی با میانگین صفر منجر شود. آن‌ها با استفاده از مطالعات مونت کارلو نشان دادند، DOLS روش مناسبی برای تصحیح مشکل درونزایی و خودهمبستگی است. نادیده گرفتن درونزایی می‌تواند منجر به ایجاد خطای همزمان در برآورد ضرایب گردد. یکی‌دیگر از مزیت‌های DOLS این است که در نمونه‌های کوچک نیز کاربرد داشته و از ایجاد تورش هم‌زمان جلوگیری می‌کند و از توزیع مجانبی نرمال برخوردار است.

به دلیل مشکلات درون‌زایی، تخمین‌های حداقل مربعات معمولی منجر به انحراف از رگرسیون می‌شود، تخمین‌زن DOLS این انحراف و تورش را به واسطه‌ی افزایش وقفه‌ها و مقادیر همزمان در رگرسیون ثابت رفع می‌کند (Law *et al.*, 2014). به عبارت دیگر این تخمین‌زن از تعدیل‌های پارامتریک برای اجزای خطاها، با استفاده از تجمیع یک رگرسیون ایستا با وقفه‌های و مقادیر جاری رگرسورها با یک تفاضل استفاده می‌کند و مقدار گذشته و آینده متغیرهای توضیحی تفاضلی را به عنوان متغیرهای اضافی در تخمین در نظر می‌گیرد.

یکی‌دیگر از روش‌های تعیین ضرایب در بلندمدت، روش حداقل مربعات پویا می‌باشد. در این قسمت ضرایب برآوردی حاصل از برآورد سه معادله آلودگی ارائه شده است.

جدول ۴- نتایج آزمون‌ها

معادلات	آزمون	آزمون چاو (آماره F)	آزمون هاسمن (آماره χ^2)	نتیجه آزمون‌ها چاو
معادله تری اکسید گوگرد	مقدار	۱۷/۵۴۴۱	۲۷۱/۳۴۸۲	آزمون چاو: تایید روش داده‌های پانلی
	درجه آزادی	(۲۹ ،۵۹۴)	۶	
	سطح احتمال	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	آزمون هاسمن: اثرات ثابت
معادله مونواکسیدکربن	مقدار	۳/۱۸۴۹	۲۱/۰۸۳۷	آزمون چاو: تایید روش داده‌های پانلی
	درجه آزادی	(۲۹ ،۵۹۴)	۶	
	سطح احتمال	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	آزمون هاسمن: اثرات ثابت
معادله اکسید نیتروژن	مقدار	۴۹/۸۰۱۲	۵۳/۲۹۸۱	آزمون چاو: تایید روش داده‌های پانلی
	درجه آزادی	(۲۹ ،۵۹۴)	۶	
	سطح احتمال	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	آزمون هاسمن: اثرات ثابت
معادله دی‌اکسیدکربن	مقدار	۳۳/۹۱۹۸	۱۶۴/۰۰۵۸	آزمون چاو: تایید روش داده‌های پانلی
	درجه آزادی	(۲۹ ،۵۹۴)	۶	
	سطح احتمال	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰	آزمون هاسمن: اثرات ثابت
معادله اکسید گوگرد	مقدار	۲۳/۰۸۸۴	۲۲۶/۹۵۳۴	آزمون چاو: تایید روش داده‌های پانلی
	درجه آزادی	(۲۹ ،۵۹۴)	۶	
	سطح احتمال	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	آزمون هاسمن: اثرات ثابت

مأخذ: نتایج تحقیق

با توجه به جدول ۵، اثرات تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه بر انتشار گازهای مختلف به صورت افزایشی و معنادار بوده است، به طوری که با افزایش یک درصد در تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه، انتشار گازهای دی‌اکسیدکربن، دی‌اکسیدگوگرد و تری‌اکسیدگوگرد به ترتیب به میزان ۴/۲۵، ۴/۷۹، ۶/۲۴ درصد افزایش می‌یابد.

با افزایش توان دوم تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه، انتشار گازهای مختلف گلخانه‌ای به صورت کاهشی و معنادار بوده است، به طوری که با افزایش یک درصد در توان دوم تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه، انتشار گازهای دی‌اکسیدکربن، دی‌اکسیدگوگرد و تری‌اکسید گوگرد به ترتیب به میزان ۵/۴۰، ۵/۹۷، ۹/۱۴ درصد کاهش می‌یابد.

جدول ۵- نتایج برآورد معادلات آلودگی به روش DOLS

متغیر	معادله دی‌اکسیدگوگرد	معادله تری‌اکسیدگوگرد	معادله دی‌اکسیدکربن
لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه	۴/۷۹۹۶*	۶/۲۴۲۷	۴/۲۵۳۴
	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۳۶۰)	(۰/۰۰۰۵)
لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه با توان دو	-۵/۹۷۹۶	-۹/۱۴۳۱	-۵/۴۰۶۰
	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۲۸۲)	(۰/۰۰۰۶)
لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه با توان سه	۰/۳۶۴۷	۰/۴۲۴۷	۰/۲۳۷۰
	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۲۲۲)	(۰/۰۰۰۹)
لگاریتم صنعتی شدن	۰/۲۷۹۷	۰/۵۹۵۸	۰/۰۷۷۱
	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)
لگاریتم شهرنشینی	۰/۹۵۰۸	۰/۸۹۴۱	۰/۴۰۶۳
	(۰/۰۰۶۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۳۶۲)
لگاریتم حاصلضرب ماتریس مجاورت در انتشار آلودگی	۰/۰۴۹۰	۰/۱۷۸۸	۰/۰۳۶۲
	(۰/۰۰۰۱)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)
آزمون‌های تشخیص و درستی معادلات برآوردی			
R-squared	۰/۹۶۲۶	۰/۹۸۳۴	۰/۹۹۶۷
Adjusted R-squared	۰/۹۱۵۶	۰/۹۶۲۷	۰/۹۹۳۵

*اعداد بالا ضرایب آماره آزمون‌های مربوط به متغیرها و اعداد داخل پرانتز احتمال آن‌ها می‌باشد.

با افزایش توان سوم تولیدناخالص داخلی واقعی سرانه، انتشار گازهای مختلف گلخانه‌ای به صورت افزایشی و معنادار بوده است، به طوری که با افزایش یک درصد در توان سوم تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه، انتشار گازهای دی‌اکسیدکربن، دی‌اکسیدگوگرد و تری‌اکسید گوگرد به ترتیب به میزان ۰/۲۳، ۰/۳۶، ۰/۴۲ درصد افزایش می‌یابد. بالاترین ضریب این اثرگذاری مربوط به رابطه بین توان سوم تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه و گاز تری‌اکسیدگوگرد و کمترین آن مربوط به انتشار گاز دی‌اکسیدکربن می‌باشد.

به عبارتی در کشورهای در حال توسعه‌ای همچون ایران، ابتدا با افزایش تولید به ویژه تولیدات صنعتی، آلودگی افزایش می‌یابد ولی با رسیدن به نقطه اوج و افزایش بیشتر تولید، از میزان آلودگی کاسته شده و محصولات بدون آلاینده تولید می‌شوند ولی مجددا با افزایش بیشتر تولید، این روند روبه زوال خواهد رفت و باعث افزایش آلودگی در سطح استان‌ها می‌شود.

با افزایش شهرنشینی نیز میزان انتشار آلودگی در سطح گازهای گلخانه‌ای منتخب، افزایش یافته است. بالاترین سطح افزایش آلودگی مربوط به گاز دی‌اکسیدگوگرد و پایین‌ترین آن متعلق به گاز گاز دی‌اکسیدکربن می‌باشد.

شاخص صنعتی شدن در معادلات برآوردی دارای اثر مثبت و معناداری بر میزان انتشار گازهای مختلف در بخش صنعت دارد، به گونه‌ای که با افزایش یک درصد در شاخص صنعتی‌شدن در استان‌های صنعتی، انتشار آلودگی در گازهای دی‌اکسیدکربن، دی‌اکسیدگوگرد و تری‌اکسیدگوگرد به ترتیب ۰/۰۷، ۰/۲۷ و ۰/۵۹ درصد است. بالاترین سهم افزایش آلودگی به دلیل صنعتی شدن مربوط به گاز تری‌اکسیدگوگرد است و کمترین سهم متعلق به گاز دی‌اکسیدکربن می‌باشد.

با افزایش اثر فضایی آلودگی (حاصلضرب ماتریس مجاورت در میزان انتشار آلاینده‌ها)، حجم آلودگی در استان‌های صنعتی طی دوره زمانی منتخب افزایش یافته است و این گویای اثربخشی آلودگی استان‌های هم‌مرز و مجاور بر یکدیگر می‌باشد. به طوری که سهم اثر فضایی گاز تری‌اکسیدگوگرد بیشتر از گازهای دیگر می‌باشد و سهم گاز دی‌اکسیدکربن کمتر از بقیه است. این موضوع گویای اثر پراکندگی بالای آلودگی استان‌های صنعتی و انتقال آن به استان‌های همسایه است. ضرایب آزمون R^2 و $\bar{R}^2$ نشان از قدرت بالای توضیح‌دهندگی متغیرهای توضیحی و وابسته دارد.

با این نتیجه از بررسی منحنی محیط‌زیستی کوزنتس با استفاده از تکنیک DOLS و با تصریح روابط درجه دوم و سوم رشد اقتصادی در ۱۲ استان صنعتی کشور و طی دوره زمانی ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۹، منحنی N شکل مورد تأیید واقع شده است.

بحث

در این مطالعه تلاش شد به بررسی اثرات U شکل معکوس و N شکل تولید ناخالص داخلی در قالب سه شکل مختلف از این متغیر، در سطح، با توان دو و با توان سه بر حجم انتشار آلاینده‌های موجود در بخش صنعت شامل دی اکسید کربن، دی‌اکسیدگوگرد، تری اکسید گوگرد با بهره‌گیری از روش اقتصادسنجی پانلی بلندمدت حداقل مربعات پویا طی دوره زمانی ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۹ برای ۱۲ استان صنعتی کشور پرداخته شود. نتایج برآورد به گونه‌ای است که فرضیات محیط‌زیستی کوزنتس برای هر سه آلاینده برقرار است و با افزایش تولید ناخالص داخلی، ابتدا آلودگی افزایش یافته، سپس با رسیدن به نقطه اوج شروع به کاهش نموده و در نهایت با افزایش بیشتر تولید مجددا روند صعودی افزایش آلودگی ادامه می‌یابد. البته سهم گازهای مختلف در این افزایش و کاهش‌ها متفاوت بوده است که قسمت اعظم آن مربوط به گاز تری‌اکسید گوگرد بوده است، گازی که ناشی از سوخت نفت و زغال سنگ در فعالیت‌های صنعتی می‌باشد.

باتوجه به نتایج بدست آمده از تخمین مدل‌ها به روش DOLS در بررسی منحنی محیط‌زیستی کوزنتس و با تصریح روابط درجه دوم و سوم رشد اقتصادی در ۱۲ استان صنعتی کشور و طی دوره زمانی انتخابی، منحنی N شکل مورد تأیید واقع شده است.

هم‌چنین وجود متغیر شهرنشینی در مدل، باعث ایجاد اثرات مثبت و افزایشی بر آلودگی شده است، این موضوع بدان معنی است که گسترش شهرنشینی موجب افزایش

مصرف سوخت‌های فسیلی شده و در نتیجه آلودگی هوای ناشی از آن را نیز تشدید نموده است.

باتوجه به ضرایب بالای رابطه تولید و آلودگی، مشخص می‌شود ایران در مرحله اول آلودگی و در قسمت صعودی منحنی محیط‌زیستی کوزنتس قرار دارد. همچنین با توجه به نرخ مثبت رشد آلودگی در ایران در بلندمدت شاهد انباشت آلودگی در محیط‌زیست خواهیم بود. از این‌رو برای جلوگیری از تخریب محیط‌زیست و نابودی آن، علاوه بر صرف هزینه‌های محیط‌زیستی اقدامات زیر مناسب هستند:

- باتوجه به نرخ رشد آلودگی مثبت برای استان‌های صنعتی ایران، لازم است اقداماتی برای کاهش نرخ رشد آلودگی در این استان‌ها صورت پذیرد تا به پایداری سیستم اکولوژیکی نزدیک شویم. در این رابطه می‌توان به تشویق تولیدکنندگان برای استفاده از تکنولوژی‌های پاک، قطع یارانه‌های دولتی به صنایع آلاینده و صنایعی که استانداردهای محیط زیستی را رعایت نمی‌کنند، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به جای منابع انرژی آلاینده در امور همگانی، استفاده از ساختار مالیات محیط‌زیستی مناسب به همراه قوانین محیط‌زیستی، استفاده بیشتر از سرمایه انسانی (سرمایه پاک) به جای سرمایه فیزیکی (سرمایه آلاینده)، بالا بردن سطح بهره‌وری سرمایه فیزیکی، انسانی و طبیعی و غیره.
- با توجه به افزایش شهرنشینی، بایستی جهت افزایش شعور محیط‌زیستی مصرف‌کننده و ارتقاء فرهنگ عمومی در قبال محیط‌زیست اقداماتی صورت گیرد.
- جایگزین نمودن تکنولوژی‌های پاک و سازگار با محیط زیست با تکنولوژی‌های مخرب و آلاینده با کمترین هزینه از طریق بهبود بخش تحقیق و توسعه
- هدایت تولیدکنندگان به سمت استفاده از تکنولوژی‌های به سمت استفاده از تکنولوژی‌های حامی محیط‌زیست
- کاهش حمایت‌های دولتی و اعمال جریمه‌های مختلف به صنایعی که استانداردهای محیط‌زیستی را در فرایند تولید رعایت نمی‌کنند.
- افزایش آگاهی‌های عموم از عواقب تخریب محیط زیست و ارتقاء فراهنگ عمومی در قبال محیط‌زیست
- کاهش یارانه‌های مصرفی و سایر انگیزه‌هایی که باعث عدم صرفه‌جویی در مصرف انرژی‌های مخرب محیط زیست می‌شوند.
- افزایش اعتبارات تخصیص یافته به حفاظت از محیط زیست و به کارگیری بهینه و کارای این منابع
- پیشگامی دولت در حرکت به سمت تکنولوژی‌های سبز و پاک به ویژه در تولید حامل‌های انرژی به ویژه برق
- کاهش مصرف حامل‌های انرژی مخرب محیط‌زیست در امور عمومی

منابع

1. **Abdallh, A.A., Abugamos, H., 2017.** A semi-parametric panel data analysis on the urbanization-carbon emissions nexus for the MENA countries. Renew. Sustain. Energy Rev. 78, 1350-1356.
2. **Alipurfard, S., 2020.** Effects of effective factors on carbon dioxide emissions in developing and developed countries; spatial models and spatial regime, master's thesis, Razi University.
3. **Apergis, N., 2016.** Environmental Kuznets Curves: New Evidence on Both Panel and Country-Level CO2 Emissions, *Energy Economics*, Vol. 54, PP. 263-271
4. **Asghari, M. and Ameli, P., 2018.** Testing the hypothesis of pollution asylum in the EU-Persian Gulf region, Economic Research Quarterly of Rah Andisheh, number 4, pages 11-45.
5. **Atwi, M., Barbern, R., Mur, J. and Angulo, A., 2018.** CO_2 Kuznets Curve Revisited: From Cross-Sections to Panel Data Models, Investigations Regionals — Journal of Regional Research, 40, 169-196.
6. **Azomahou, T., Laisney, F. and Van, P.H., 2006.** Economic Development and CO2 Emissions: A Nonparametric Panel Approach, Journal of Public Economics, NO. 90, PP.1347– 1363.
7. **Bagheri, S. and Ansari Samani, H., 2021.** Prediction of carbon dioxide emissions due to fossil fuel consumption and environmental changes (case study: Iran), Scientific Journal of Geography and Environmental Hazards, 10(3), 105-122.
8. **Barghi, E., Mohammad, M. and Yavari, K., 2007.** Environmental policies, location of industries and business models (PHH hypothesis test in Iran), Business Journal, 42, 1-28.
9. **Bibi, F. and Jamil, M., 2020.** Testing environment Kuznets curve (EKC) hypothesis in different regions, Environmental Science and Pollution Research.
10. **Biro, A., 1986.** Culture of Social Sciences, translated by Bagher Sarokhani,

Tehran, Kayhan, 4th edition, pages 172-173.

11. **Borghesi, S., 2001.** The environmental Kuznets Curve: A Critical Survey. In: Franzini, M. Nicita. A (eds), Economics Institutions and Environmental Policy. Ashgate Publishing, Farnham, UK, 201-224.
12. **Brajer, V., Mead, R.W. and Xiao, F., 2008.** Health Benefits of Tunneling Through the Chinese Environmental Kuznets Curve (EKC), *Ecological Economics*, Vol. 4, PP. 674-686.
13. **Carlos, O.C., 2007.** Temporal and Spatial Homogeneity in Air Pollutants Panel EKC Estimations: Two Nonparametric Tests Applied to Spanish Provinces, *MRPA Paper*, Vol. 5043, PP. 51 – 72.
14. **Consulting Engineers and Rozboom, 2013.** study, review, evaluation and criticism of the performance of 170 industrial and rural areas of the country, first volume, theoretical discussions of rural areas in the world and Iran, Ministry of Jihad Agriculture, Deputy Minister of Transformation and Complementary Industries of Agriculture Department, Office of Affairs Transformation and complementary industries of the agricultural sector
15. **Dai, Y., Zhang, H., Cheng, J., Jiang, X., Ji, X. and Zhu, D., 2022.** Whether ecological measures have influenced the environmental Kuznets curve (EKC)? An analysis using land footprint in the Weihe River Basin, China. Ecological Indicators, 139, 108-119.
16. **Dehghan, 2008.** Evaluation of the pollution haven hypothesis: the case of foreign trade of OECD countries with OECD-NON, Master's thesis, Faculty of Economics, University of Tehran.
17. **Ebenstein, A., Fan, M., Greenstone, M., He, G. and Zhou, M., 2017.** New evidence on the impact of sustained exposure to air pollution on life expectancy from China's Huai River Policy. Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am. 114 (39), 10384e10389.
18. **Egli, H. and Steger, T.M., 2007.** "A Dynamic Model of the Environmental Kuznets Curve: Turning Point and Public Policy," *Environmental & Resource Economics*, Vol. 1, PP. 15-34.
19. **Fang, C.L. and Ren, Y.F., 2017.** Analysis of emergy-based metabolic efficiency and environmental pressure on the local coupling and telecoupling between urbanization and the eco-environment in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. Sci. China Earth Sci. 60 (6), 1083e1097.
20. **Firouzabadi, S.A., Danesh Mehr, H. and Alinejad, K., 2017.** Industrialization and social and environmental consequences; analysis of residents' narratives around the Mahabad Petrochemical Project, Socio-Cultural Development Studies Quarterly, The sixth volume, number 4, Spring 2017, pages 35-62.
21. **Friedl, B. and Getzner, M., 2003.** Determinants of CO2 Emissions in a Small Open Economy, *Ecol. Econ*, Vol. 45, PP. 133–148.
22. **Goli, Y., 2019.** Investigation of the spatial effect of industrialization on the quality of the environment in the provinces of Iran, Scientific-Research Journal of Environment, 10(20), pages 273-284.
23. **Grossman, G.M. and Krueger, A.B., 1995.** Environmental Impact of a North American Free Trade Agreement. Working Papers.
24. **Herati, J., Islamloian, K., Qatmiri, M.A., 2013.** Investigating the relationship between pollution intensity, trade and sustainable growth of Iran: a model of simultaneous equations system, Quarterly Journal of Energy Economics Studies, No. 36, pages 1-30.
25. **Hill, R.J. and Mognani, E., 2002.** An Exploration of the Conceptual and Empirical Basis of the Environmental Kuznets Curve. Australiam Economic Papers 41(2), 239-254.
26. **Hoagland–Grey, H., 2011.** Environmental Impact Assessments for cement plants: p.cm. (IDB Technical Note; 301).
27. **Holtz-Eakin, D. and Selden, T.M., 1995.** Stoking the fires? CO2 Emissions and Economic Growth Public Econ, Vol.57, PP.85–101.
28. **Hunt, D., 2007.** Economic Theories of Development: An Analysis of Competing Paradigms, translated by Gholamreza Azad Aramaki, Tehran, Ni publication
29. **Icen, H., 2020.** Environmental Kuznets Curve in D8 Countries: Evidence from Panel Cointegration, Journal of Econometrics and Statistics, 32, 85-96.
30. **Islamloian, K., Herati, J. and Ostadzad, A.H., 2013.** Investigating the dynamic relationship between production and pollution in the framework of a growth

model: testing the Kuznets environmental hypothesis for Iran's economy, Iranian Energy Economics Quarterly, second year, no. 7, pp. 171-197.

31. **Ketenci, N., 2018.** The environmental Kuznets curve in the case of Russia, Russian Journal of Economics 4, 249–265.
32. **Kijima, M., Nishide, K. and Ohyama, A. 2010.** Economic Models for the Environmental Kuznets Curve: A Survey. Journal of Economic Dynamics and Control, 34(7), pp. 1187-1201.
33. **Kuznets, S., 1955.** Economic Growth and Income Inequality, American Economic Review, 45, 1-28.
34. **Lamla, M.J., 2009.** Long-run Determinants of Pollution: a Robustness Analysis, *Ecological Economics*, Vol. 69, PP. 135-144.
35. **Liu, J., Qu, J. and Zhao, K., 2019.** Is China's development conforms to the Environmental Kuznets Curve, Journal of Cleaner Production 234 (2019) 787e796.
36. **Mahdavi, A. and Azizmohammadlou, H., 2018.** Investigating the effect of industrialization on the quality of the environment in Iran with an emphasis on the moderating role of social capital (Kalman filter approach), Environmental Science, Volume 44, No. 1, spring 2017, pages 49-68.
37. **Moradian, F., 2017.** Parametric and non-parametric estimation of the environmental Kuznets curve (case study of Iran), Master's thesis in the field of economics, Faculty of Social Sciences, Razi University. Kermanshah
38. **Motaghi, S., 2017.** Comparative analysis of the Kuznets hypothesis in the group of selected developing countries (with emphasis on development indicators), Economic Modeling Research, No. 30, period 219-244.
39. **Amirkhiz, M.R., 2018.** heoretical and experimental analysis of Kuznets environmental pollution curve in Iran during the period 1365-1395, Environmental Science and Promotion Quarterly, No. 59, pages 29-46.
40. **Omri, A., 2013.** CO_2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth Nexus in MENA Countries: Evidence from Simultaneous Equations Model, *Energy Economics*, Vol.40, PP. 657–664.
41. **Ouyang, X., Shao, Q., Zhu. X., He. Q., Xiang. Ch. and Wei. G., 2019.** Environmental regulation, economic growth and air pollution: Panel threshold analysis for OECD countries. Science of the Total Environment 657 (2019) 234–241.
42. **Pontarollo, Nicola and Serpieri Carolina, 2020.** Testing the Environmental Kuznets Curve hypothesis on land use: The case of Romania, Land use plicy, 97 (2020) 104695.
43. **Pourkazmi, M.H. and Ebrahimi, I., 2008.** Evaluation of Environmental Kuznets Curve in the Middle East, Iranian Economic Research Quarterly, No. 34, pages 57-72.
44. **Rezvani et al., 2007.** Analysis of the social-economic effects of industrial areas in the development of rural areas (the case of Sulaimanabad Tankabon Industrial Area), Geography and Development, No. 18.
45. **Richmond, A.K. and Kaufmann, R.K., 2006.** Is There a Turning Point in the Relationship Between Income and Energy Use and/or Carbon Emissions? Ecol. Econ. Vol.56, PP. 176–189.
46. **Sadeghi, S.K. and Khodadad, H., 2022.** Examining the relationship between the development of countries and the quality of the environment and the effects of the Paris Environmental Treaty on the economy of countries, Conference on Management, Economics and Islamic Sciences, Volume 3, 1- 13.
47. **Salimifar, M. and Dehnavi, J., 2009.** Comparison of Kuznets environmental curve in OECD member countries and developing countries: analysis based on panel data, Danesh and Tehseh magazine, number 29, pages 181-200.
48. **Sarokhani, B., 2001.** Introduction to the encyclopedia of social sciences, Tehran, Kayhan, third edition, volume 1, 396 pages.
49. **Selden, T.M. and Song, O., 1995.** Neoclassical Growth, The J curve for Abatement, and the Inverted U Curve for pollution. Journal of Environmenal Economics and management. pp. 162-168.
50. **Setyadharma, A., Oktavilia, S., Atmadani, Y. and Fajarini, I., 2020.** A New Insight of the Existence of the Environmental Kuznets Curve in Indonesia, E3S Web of Conferences 202, 03023 (2020)
51. **Shabani, Z., 2010. Investigating** the ausality relationship between gross domestic product and the amount of greenhouse gases in Iran (case study: carbon dioxide gas), Agricultural Economics and Development Quarterly, Vol. 66, pp. 1-16.

52. **Shajari, H., 2021.** The role of international trade on environmental quality, case study: selected countries of the Persian Gulf, Quarterly Journal of Development and Planning Economics, no. 1, pp. 67-83.
53. **Shi, T., Zhang, W., Zhou, Q. and Wang, K., 2020.** Industrial structure, urban governance and haze pollution: spatiotemporal evidence from China. Sci. Total Environ. 742, 139228.
54. **Taghdisian, H. and Minapour, S., 2003.** Climate change, what we need to know, Tehran: Publications of Environmental Research Center of Environmental Protection Organization, National Climate Plan Office
55. **Ulpiani, G., 2021.** On the linkage between urban heat island and urban pollution island: three-decade literature review towards a conceptual framework. Sci. Total Environ. 751, 141727.
56. **Wang, Y., Song, J., Yang, W., Fang, K. and Duan, H., 2020.** Seeking spatiotemporal patterns and driving mechanism of atmospheric pollutant emissions from road transportation in China. Resour. Conserv. Recycl. 162, 105032.
57. **Wiedenhofer, D., Lenzen, M. and Steinberger, J.K., 2013.** Energy requirements of consumption: urban form, climatic and socio-economic factors, rebounds and their policy implications. Energy Policy 63, 696–707.
58. **Wu, W., Zhang, M. and Ding, Y., 2020.** Exploring the effect of economic and environment factors on PM2.5 concentration: a case study of the Beijing-Tianjin-Hebei region. J. Environ. Manag. 268, 110703.
59. **Xie, Q., Xu. X. and Liu. X., 2019.** Is there an EKC between economic growth and smog pollution in China? New evidence from semi parametric spatial autoregressive models. Journal of Cleaner Production 220, 873-883.
60. **Xu, G., Ren, X., Xiong, K., Li, L., Bi, X. and Wu, Q., 2020b.** Analysis of the driving factors of PM2.5 concentration in the air: a case study of the Yangtze River Delta, China. Ecol. Indicat. 110, 105889.
61. **Zalouabi, A., 2021.** Evaluation of factors affecting environmental quality: a case study of Asian countries, Master's thesis, Razi University.
62. **Zhang, J., 2021.** Environmental Kuznets Curve Hypothesis on CO2 Emissions: Evidence for China (2021), Journal of risk and Financil Management.

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

Investigating the Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis and Economic Growth in Iran's Industrial Provinces Based on The DOLS Approach

Kazem Aminzadeh[1], Sadegh Bakhtiari[2*], Saeed Daei- Karimzadeh[3]

1 PhD Student, Department of Economics, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
2* Full Professor, Department of Economics, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
3 Associate Professor, Department of Economics, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Original Article

Received: 2022.07.19

Accepted: 2022.11.13

Keywords: Environmental Pollution, Economic Growth, Kuznets Curve, Industrial Provinces of Iran

Abstract

Introduction: Over a long period of time, there can be a direct correlation between economic growth and environmental quality, a negative correlation, or a combination of the two. Many studies and research have been conducted on this topic (the relationship between economic growth and environmental quality). In the field of sustainability economics, one of the most significant debates involves the effects of economic growth on the environment. Currently, fossil fuels are being used more and more intensively due to the industrialization of our societies. The combustion of these fuels results in the emission of a wide range of toxic and hazardous substances. This has a detrimental effect on the environment, including global warming and climate change. As a result of this study, three different forms of real GDP per capita have been examined: an inverted U shape, an N shape, and a combination of each of these three shapes. In terms of the volume of pollutants emitted from the industrial sector, the power of two and the power of three were calculated for 12 industrial provinces of the country during the period of 1376-1399 using the long-term panel econometric method of dynamic least squares. The results of the estimations are such that the environmental assumptions of Kuznets are valid for all three pollutants. In addition, an increase in real GDP per capita is associated with an increase in pollution. After reaching the maximum, the amount of pollution decreased. Finally, with a further increase in production, the rate of pollution decreased. According to the DOLS technique, the upward trend of increasing pollution continues, and the N-shaped curve has been confirmed by specifying the second and third-degree relationships of economic growth in 12 industrial provinces during the specified period by using the DOLS technique.

Materials and methods: The first objective of this study is to investigate the mean of the variables using panel unit root tests. After that, with the Kao cointegration test, we determine whether or not there is a cointegration relationship between the variables. To conclude, the coefficients of variables have been estimated using the fully modified least squares method and dynamic least squares.

* Corresponding Author's email: bakhtiari_sadegh@yahoo.com

Results: An inverted U and an N shape of GDP were examined in three different ways; at first glance, the power of two and the power of three affected pollution levels in the industry sector. Using long-term panel econometric methods of dynamic least squares, 12 industrial provinces between 1376 and 1399 will be examined for carbon dioxide, sulfur dioxide, and sulfur trioxide. In all three cases, the estimation results are such that Kuznets' assumptions about the environment are valid.

Discussion: As a result of the estimation of the models using the DOLS method in the investigation of Kuznets' environmental curve, and by specifying economic growth relationships at the second and third degree in 12 industrial provinces in the country during the selected period, the N-shaped curve has been confirmed. The inclusion of the urbanization variable in the model has led to an increasing correlation between pollution and urbanization. The consumption of fossil fuels has increased as a result of urbanization, resulting in a rise in air pollution. In the ascending part of the Kuznets environmental curve, Iran is clearly in the first stage of pollution. Furthermore, it is at the beginning of the relationship between production and pollution. Additionally, we will witness long-term pollution accumulation in the environment as pollution in Iran continues to grow at a positive rate.