Summer (2024) 14(55): 93-109

Received: 17 January 2024 Accepted: 21 February 2024
DOI: 10.30473/egdr.2024.70318.6811

Economic Growth and Development Research

Open Access

ORIGINAL ARTICLE

# The N-shaped Environmental Kuznets Curve: Evidences of Developing and Developed Countries

**Somayeh Azami[1*], Hamid Rahmani[2], Sohrab Delangizan[3]**

1. Associate Professor, Department of Economics, Razi University, Kermanshah, Iran
2. M.A. student, Department of Economics, Razi University, Kermanshah, Iran.
3. Associate Professor, Department of Economics, Razi University, Kermanshah, Iran.

**Correspondence**
Somayeh Azami
Email: s.azami@razi.ac.ir

**How to cite:**
Azami, S., Rahmani, H., & Delangizan, S., (2024). The N-shaped Environmental Kuznets Curve: Evidences of Developing and Developed Countries. Economic Growth and Development Research, 14(55), 93-109.

**ABSTRACT**

The empirical test of the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis plays an important role in designing a macroeconomic model for sustainable development. The purpose of this study is to examine the relationship between growth and carbon dioxide emissions, emphasizing the role of renewable and fossil energy consumption in developing and developed countries. For this purpose, 26 developed countries and 41 developing countries have been considered in the period of 2000-2021. The results of the Westerland cointegration test (with cross-sectional dependence between countries) in developed countries and the Kao cointegration test (without cross-sectional dependence between countries) in developing countries indicate the existence of a long-term relationship between model variables in both groups of countries. FGLS and PCSE estimators show that in both groups of countries, renewable energy consumption has a positive and significant impact on the quality of the environment, and the absolute value of this impact is greater in developed countries than in developing countries, while this result for Fossil energy is the opposite. The N-shaped growth-pollution relationship is confirmed in both groups of countries. Therefore, it cannot be expected that pollution emissions will decrease in the long-run with the increase in GDP. Therefore, the claim that "economic growth is both the cause and the solution of environmental destruction" is doubtful. This study highlights the importance of promoting green energy in order to achieve sustainable development and combat global warming.

**KEYWORDS**

EKC, Environmental Quality, Renewable Energy, FGLS Estimator, PCSE Estimator.

**JEL Classification:** Q01, Q20, Q56.

© 2024, by the author(s). Published by Payame Noor University, Tehran, Iran.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license

سال چهاردهم، شماره پنجاه و پنجم، تابستان ۱۴۰۳ (۱۰۹-۹۳)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۲

DOI: 10.30473/egdr.2024.70318.6811

فصلنامه علمی

پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی

«مقاله پژوهشی»

# منحنی زیست محیطی کوزنتس N شکل: شواهدی از کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته

سمیه اعظمی[1*]، حمید رحمانی[2]، سهراب دل انگیزان[3]

۱. دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و تربیتی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲. کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، گروه اقتصاد، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳. دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و تربیتی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

**نویسنده مسئول:**

سمیه اعظمی

رایانامه:

s.azami@razi.ac.ir

**چکیده**

آزمون تجربی فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC) نقش مهمی در طراحی یک مدل اقتصاد کلان برای توسعه پایدار دارد. هدف این مطالعه بررسی رابطه رشد و انتشار دی اکسید کربن با تأکید بر نقش مصرف انرژی تجدیدپذیر و فسیلی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته است. بدین منظور ۲۶ کشور توسعه یافته و ۴۱ کشور در حال توسعه در فاصله زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۰ در نظر گرفته شده است. نتایج آزمون هم انباشتگی وسترلاند (با وجود وابستگی مقطعی میان کشورها) در کشورهای توسعه یافته و آزمون هم انباشتگی کائو (بدون وابستگی مقطعی میان کشورها) در کشورهای در حال توسعه حاکی از وجود ارتباط بلندمدت میان متغیرهای الگو در هر دو گروه کشورها است. برآوردگرهای FGLS و PCSE نشان می‌دهند در هر دو گروه کشورها، مصرف انرژی تجدیدپذیر تأثیر مثبت و معنی‌دار بر کیفیت محیط زیست دارد و قدر مطلق این تأثیر در کشورهای توسعه یافته بیش از کشورهای در حال توسعه است، در حالی که این نتیجه برای انرژی‌های فسیلی برعکس است. رابطه N شکل رشد- آلودگی در هر دو گروه کشورها تأیید می‌شود. لذا، نمی‌توان انتظار داشت در بلندمدت با افزایش تولید انتشار آلودگی کاهش یابد. لذا، این ادعا که "رشد اقتصادی هم عامل و هم راه‌حل تخریب محیطی است " مورد تردید است. این مطالعه، اهمیت ترویج انرژی سبز به منظور حصول توسعه پایدار و مبارزه با گرمایش جهانی را برجسته می‌کند.

**واژه‌های کلیدی**

EKC، کیفیت محیط زیست، انرژی تجدیدپذیر، برآوردگر FGLS، برآوردگر PCSE.

**طبقه‌بندی JEL:** Q01, Q20, Q56.

**استناد به این مقاله:**

اعظمی، سمیه. رحمانی، حمید و دل انگیزان، سهراب (۱۴۰۳). منحنی زیست محیطی کوزنتس N شکل: شواهدی از کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته. فصلنامه علمی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۱۴(۵۵)، ۱۰۹-۹۳.

https://egdr.journals.pnu.ac.ir/article_10800.html

## ۱- مقدمه

هدف اولیه فعالیت‌های اقتصادی افزایش رفاه انسان است و رشد سریع اقتصادی به عنوان راهی برای تحقق این هدف تلقی می‌شود. با این حال، زمانی که تولید استفاده از منابع را افزایش می‌دهد، ضایعات تولید شده توسط فرآیند تولید و مصرف هزینه‌های زیست محیطی را افزایش می‌دهد. در نتیجه، بسیاری از مشکلات زیست محیطی شروع به ظهور کرده‌اند که شامل تغییرات آب و هوایی، گرم شدن کره زمین، آلودگی هوا، آب و خاک، وقوع بلایای طبیعی مانند سیل، از دست دادن تنوع زیستی و تخریب جنگل می‌شود. بر این اساس توجه به پیامدهای زیست محیطی فعالیت‌های تولیدی، صنعتی و عمرانی نه یک انتخاب لوکس بلکه یک ضرورت حیاتی است (وصفی اسفستانی و علیشیری، ۱۳۹۰). اتخاذ تصمیمات و سیاست‌های اقتصادی – محیط زیستی مناسب جهت رسیدن به اهداف مهمی چون توسعه اقتصادی سبز و پایدار که در آن پویایی رشد اقتصادی همراه و همگام با پایداری محیط زیست باشد، امری بسیار مهم تلقی می‌شود. بر همین اساس، در روند حرکت جهانی به سمت توسعه اقتصادی سبز و پایدار، توجه به آسیب‌های محیط زیستی ناشی از رشد اقتصادی لازم و ضروری به نظر می‌رسد (فاخر، ۱۳۹۹).

فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC[1]) که از منحنی کوزنتس[2] الهام گرفته شده است بیانگر رابطه U معکوس بین تخریب محیط زیست و رشد اقتصادی است. از جمله دلایل این شکل از ارتباط رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست می‌توان به اثرات مقیاس، ساختاری و تکنیکی اشاره نمود. مطابق این فرضیه، رشد اقتصادی هم عامل تخریب محیط زیست و هم راه‌حل آن است. به همین دلیل، آزمون آن برای رشد اقتصادی، سیاست‌های زیست محیطی و توسعه پایدار با اهمیت و قابل توجه است. از دهه ۱۹۹۰ مطالعات تجربی فراوانی تلاش کرده‌اند تا رابطه بین رشد اقتصادی و کیفیت زیست محیطی را در کشورهای مختلف تحت فرضیه EKC بررسی کنند، اما هنوز اعتبار این فرضیه بی‌نتیجه مانده است چرا که نتایج از یک مطالعه به مطالعه دیگر متفاوت است. قابل ذکر است که این تفاوت نتایج عمدتاً بدلیل انتخاب متغیرها، کشورها، بازه زمانی و یا تصریح الگو و مدل است. استرن[3] (۲۰۰۴) تأکید کرد که ادبیات در مورد EKC ناکافی است و این موضوع نیاز به بررسی تجربی بیشتری دارد.

مطالعات نشان می‌دهند همیشه یک رابطه U شکل معکوس میان رشد–آلودگی وجود ندارد و این رابطه می‌تواند N شکل باشد (شهزاد و همکاران[4]، ۲۰۲۲؛ زرائبی و همکاران[5]، ۲۰۲۲؛ بوریس–توزمن و همکارن[6]، ۲۰۲۰؛ بیست[7]، ۲۰۲۲). این بدان مفهوم است که فرسودگی و تخریب محیطی مدت کوتاهی پس از افزایش سطح درآمد از سطح مناسب دوباره افزایش می‌یابد. لذا، این نوع از ارتباط میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست بیانگر آن است که شاید تولید در کوتاه‌مدت درمان و راه‌حل تخریب‌های محیط زیستی باشد ولی در بلند مدت درمان نیست. توراس و بویس[8] (۱۹۹۸) اعلام کردند که رابطه رشد–آلودگی N شکل[9] زمانی رخ می‌دهد که انتقال تکنولوژیکی به وجود می‌آید. بدین جهت در این مطالعه تلاش شد رابطه رشد– آلودگی در ۶۷ کشور جهان در دو گروه کشورهای در حال توسعه (۴۱) و توسعه یافته (۲۶) در بازه زمانی ۲۰۲۱–۲۰۰۰ بررسی شود. تفکیک کشورها می‌تواند ناهمگنی کشورها از حیث توسعه یافتگی را بر طرف نماید. به منظور بررسی دقیق‌تر این ارتباط، یک معادله درجه ۳ میان انتشار دی اکسید کربن و تولید ناخالص داخلی با در نظر گرفتن مصرف انرژی (مصرف انرژی تجدیدپذیر و مصرف انرژی فسیلی) به عنوان متغیرهای کنترلی تصریح می‌شود. تصریح درجه سوم این امکان را فراهم می‌کند که حالت‌های مختلف رابطه رشد– آلودگی (عدم وجود ارتباط، افزاینده یکنوا، کاهنده یکنوا، U معکوس، U، N و N معکوس) مورد آزمون قرار گیرد. با توجه به نتایج آزمون‌های آسیب شناسی مدل، ضرایب الگو با تخمین زن‌های FGLS[10] و PCSE[11] برآورد می‌شود. سازمان‌دهی مقاله به این صورت است که در ادامه ادبیات موضوع (مبانی نظری و پیشینه پژوهش) مطرح می‌شود. روش‌شناسی پژوهش و مروری بر داده‌ها موضوع بخش سوم است. یافته‌های تجربی و بحث به بخش چهارم و نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی به بخش پنجم اختصاص دارد.

## ۲- ادبیات موضوع

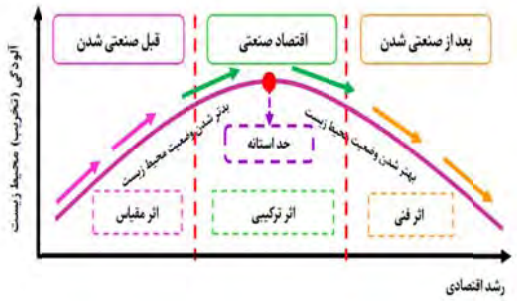
مسئله اصلی این پژوهش نوع ارتباط رشد و انتشار دی اکسید

1. Environmental Kuznets Curve
2. Kuznets
3. Stern
4. Shehzad et al.
5. Zeraibi et al.
6. Barış-Tüzemen et al.
7. Bisset
8. Torras and Boyce
9. N-shaped EKC
10. Feasible Generalized Least Squares
11. Panel-Corrected Standard Errors

کربن است، چرا که این ارتباط می‌تواند در حل مسائل زیست محیطی به سیاست‌گذاران در سطح محلی و جهانی کمک نماید. وجود رابطه N شکل رشد اقتصادی- انتشار دی اکسید کربن بیانگر آن است که تولید و رشد اقتصادی در بلندمدت حل کننده مسائل زیست محیطی نیست. از این روی در بخش اول ادبیات موضوع، بخش ۲-۱، به منحنی زیست محیطی کوزنتس و شکل گیری اولین دیدگاه در مورد ارتباط رشد و انتشار دی اکسید کربن پرداخته شده است. در ادامه همین بخش، به مطالعاتی که رابطه سنتی U معکوس رشد اقتصادی- انتشار دی اکسید کربن را تأیید نکرده‌اند و یا رابطه N شکل رشد اقتصادی- انتشار دی اکسید کربن را پذیرفته‌اند اشاره شده است و در پایان به این سؤال پاسخ داده شده است که به چه دلایلی ارتباط رشد-انتشار دی اکسید کربن N شکل می‌شود. تلاش می‌شود دلایل تئوریک پیدایش این نوع ارتباط تبیین شود بخش دوم ادبیات موضوع، بخش ۲-۲، به رابطه مصرف انرژی تجدیدپذیر و کیفیت محیط زیست اختصاص دارد. در واقع، با توجه به رابطه N شکل رشد اقتصادی- انتشار دی اکسید کربن این سؤال مطرح می‌شود که چه راهکاری می‌توان برای حل مسائل زیست محیطی ارائه کرد؟ با توجه به نتایج مطالعه حاضر، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان راهکار حل مسائل زیست محیطی پیشنهاد می‌دهد. لذا، بخش دوم ادبیات موضوع به نقش انرژی‌های تجدیدپذیر در کنترل و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی می‌پردازد.

## ۲-۱-پیدایش منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC)

در شصت و هفتمین نشست سالیانه انجمن اقتصادی امریکا در دسامبر ۱۹۵۴، سیمون کوزنتس نطقی با عنوان "رشد اقتصادی و نابرابری درآمد" را ایراد کرد. او عنوان کرد در ابتدا با افزایش درآمد سرانه، نابرابری درآمدی افزایش می‌یابد اما پس از رسیدن به نقطه‌ای (نقطه برگشتی) با افزایش درآمد سرانه نابرابری درآمدی کاهش می‌یابد. در مراحل اولیه رشد درآمد، توزیع درآمد نابرابرتر می‌شود اما با ادامه رشد اقتصادی این توزیع به سمت برابری بیشتر حرکت می‌کند. این ارتباط در حال تغییر میان درآمد سرانه و نابرابری درآمد بوسیله یک منحنی U معکوس که معروف به منحنی کوزنتس است نشان داده می‌شود. در سال ۱۹۹۱ منحنی کوزنتس تغییر ماهیت داد. گراسمن و کروگر[1] (۱۹۹۱) عنوان کردند که با افزایش درآمد در سطوح پایین درآمد برخی آلاینده‌ها افزایش می‌یابند اما در سطوح بالاتر پس از رسیدن به یک نقطه برگشتی افزایش درآمد منجر به کاهش سطح آلودگی می‌شود. پانایوتو[2] (۱۹۹۳) این الگوی U معکوس را منحنی زیست محیطی کوزنتس نامید.




**نمودار ۱.** شکل کلی فرضیه **EKC**

**مأخذ:** فاخر، ۱۳۹۹

مفهوم EKC به سه رویکرد اثر مقیاس، اثر ترکیبی و اثر تکنیکی نسبت داده می‌شود که از طریق آن رشد اقتصادی می‌تواند بر کیفیت محیط زیست تأثیر بگذارد (نارسیس و همکاران[3]، ۲۰۲۳). در مرحله اول، اثر مقیاس زمانی رخ می‌دهد که منابع طبیعی استخراج می‌شود و منابع با ارزش وارد چرخه تولید می‌شوند. هنگامی که یک چرخه تولید شروع می‌شود، آلاینده‌های مختلفی تولید می‌شود و محصولات جانبی فرآیند تولید تخریب محیط زیست را افزایش می‌دهد. دولت‌ها برای بهبود شرایط اقتصادی از جنبه‌های مخرب این گسترش غفلت می‌کنند و در نتیجه پایداری محیط زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این مرحله استفاده از انرژی و دستمزدها رو به افزایش است و نظام اقتصادی کشور در حال تغییر مداوم است. بنابراین، چارچوب بازار شروع به دگرگونی می‌کند. این سطحی است که اثر ترکیبی بر مدیریت زیست‌محیطی رخ می‌دهد و تأثیر توسعه اجتماعی-اقتصادی بر پایداری محیط‌زیست مثبت می‌شود. در طول این پیشرفت، بازارهای اضافی توسعه می‌یابد و صنعت به سمت استفاده از فناوری‌های پایدار حرکت می‌کند. علاوه بر این، این تنوع سبک زندگی را ارتقا می‌دهد و میل به یک جامعه سالم تر را ترغیب می‌کند. در این مرحله، صنایع از فناوری‌های پاکی استفاده می‌کنند که کارایی را بدون آسیب رساندن به پایداری محیطی افزایش می‌دهند و سیستم

1. Grossman and Krueger

2. Panayotou
3. Narcisse et al.

اقتصادی به جای ثروتمند شدن، بـه اطلاعـات فشـرده تبـدیل می‌شود. در این لحظه، هزینه‌هـای دولـت بـرای نـوآوری‌هـا و فناوری آلاینده‌ها جایگزین شده است. کل فرآیند فوق به عنوان فرضیه EKC شناخته می‌شود.

## ۲-۲- منحنی زیست محیطـی کـوزنتس N شـکل: ارتباط رشد- آلودگی N شکل

وقتی ادبیات اقتصاد محیط زیست مرور می‌شود این نکته بسیار مهم حاصل خواهد شـد کـه نتـایج تجربـی بـه دسـت آمـده از مطالعات آزمون فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس یکسان و همسو با یکدیگر نمی‌باشند. همین مورد باعث ایجـاد شـک و تردید در مورد بسط و تعمیم فرضیه EKC (رابطه U معکـوس میان آلودگی و رشد اقتصادی) شـده اسـت. همـان‌طـور کـه در جدول (۱) مشاهده می‌شـود مطالعـات گسـترده‌ای بـه بررسـی رابطه بین رشد اقتصادی و تخریب محیط‌زیست پرداخته‌اند کـه بسیاری از نتایج به دست آمده از این مطالعات در موارد متعددی با یکدیگر یکسان نیستند و تفاوت‌هایی در نوع رابطه بـین ایـن دو متغیر دیده می‌شود.

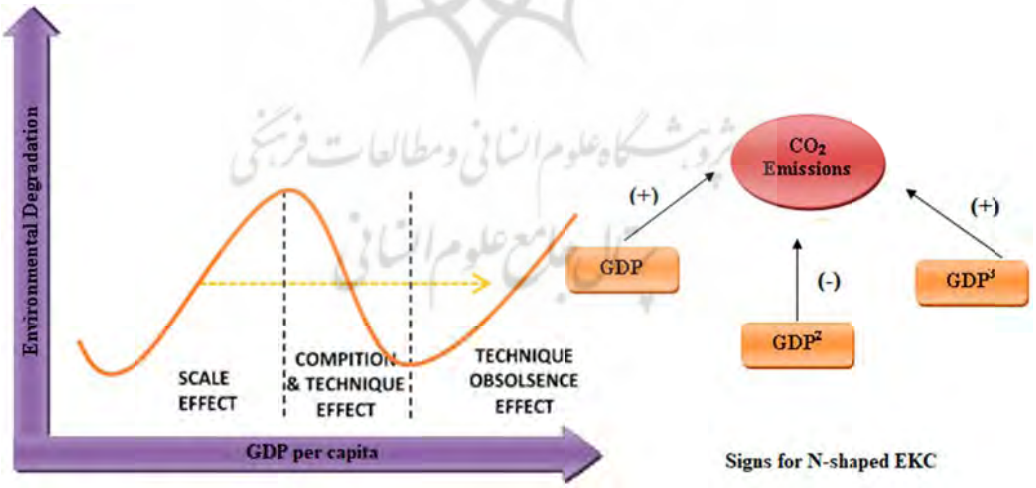
**جدول ۱.** مروری بر رابطه رشد – تخریب محیط زیست در ادبیات

| نویسنده | نمونه | نتایج |
|---|---|---|
| گراسمن و گروکر (۱۹۹۱) | کشورهای NAFTA[1] | EKC معتبر نیست (عدم وجود رابطه U معکوس). وجود رابطه N برای $SO_2$. رابطه خطی کاهشی برای SPM |
| شافیک و باندیوپادیای[2] (۱۹۹۲) | ۱۴۹ کشور | EKC برای برخی از شاخص‌های کیفیت محیط زیست معتبر نیست (عدم وجود رابطه U معکوس) و برای برخی از شاخص‌ها معتبر است (وجود رابطه U معکوس). |
| سلدن و سونگ[3] (۱۹۹۴) | ۳۰ کشور | برای شاخص‌های مختلف کیفیت محیط زیستی EKC معتبر است. |
| پانایاتو (۱۹۷۷) | ۳۰ کشور | برای شاخص‌های مختلف کیفیت محیط زیستی EKC معتبر است. |
| توراس و بویس (۱۹۹۸) | ۴۲ کشور | EKC معتبر نیست. وجود رابطه N برای $SO_2$. |
| دی بروین و همکاران[4] (۱۹۹۸) | ۴ کشور | برای شاخص‌های مختلف کیفیت محیط زیستی EKC معتبر نیست. |
| آگراس و چیمن[5] (۱۹۹۹) | ۳۴ کشور | EKC معتبر نیست. |
| بارتت و گریدی[6] (۲۰۰۰) | ۳۲ کشور | EKC معتبر نیست. وجود رابطه N برای $SO_2$ |
| استرن و کوم من[7] (۲۰۰۱) | ۷۳ کشور | EKC معتبر است. |
| مسن و اسوانسون[8] (۲۰۰۳) | ۲۹ کشور | EKC معتبر است. |
| کول[10] (۲۰۰۴) | ۱۸ کشور OECD[9] | EKC معتبر است. |
| بی راجر و همکاران[11] (۲۰۰۸) | چین | رابطه U شکل معکوس و N شکل. |
| پاچینی[12] (۲۰۱۰) | ۱۳۸ کشور | EKC معتبر است. |
| سانکلیمسووان[13] (۲۰۱۱) | ۶۳ کشور | EKC فقط در کوتاه‌مدت معتبر است. |
| پارک و لی[14] (۲۰۱۱) | کره | رابطه U برای برخی آلاینده‌ها و رابطه N برای $SO_2$ |
| فرهانی و رجب[16] (۲۰۱۲) | ۱۵ کشور MENA[15] | فرضیه EKC ضعیف پشتیبانی می‌شود. |

1. North American Free Trade Agreement
2. Shafik & Bandyopadhyay
3. Selden & Song
4. De Bruyn
5. Agras & Chapman
6. Bartet & Graddy
7. Stern & Common
8. Mason & Swanson
9. The Organisation for Economic Co-operation and Development
10. Cole
11. Brajer et al.
12. Pacini
13. Sanglimsuwan
14. Park & Lee
15. The Middle East and North Africa
16. Farhani & Rejeb

| نویسنده | نمونه | نتایج |
|---|---|---|
| هان و لی[1] (۲۰۱۳) | ۱۹ کشور OECD | EKC معتبر است. |
| مامون و همکاران[2] (۲۰۱۴) | ۱۳۶ کشور | EKC به جز برای کشورهای با درآمد بالا معتبر است. |
| منگاکی و تساگاراکیس[3] (۲۰۱۵) | ۳۳ کشور اروپایی | EKC برای هر دو متغیر انرژی تجدیدپذیر و زغال سنگ معتبر و برای دو متغیر نفت و گاز نامعتبر است. |
| احمد و همکاران[4] (۲۰۱۶) | برزیل–هند–آفریقای جنوب | EKC معتبر نیست. |
| دوگان و تورکول[5] (۲۰۱۶) | ایالات متحده آمریکا | EKC معتبر نیست. |
| اوتورک و همکاران[6] (۲۰۱۶) | ۱۴۴ کشور | فرضیه EKC بیشتردر کشورهای با درامد متوسط به بالا و بالا وجود دارد تا کشورهای دیگر. |
| آبید و همکاران[7] (۲۰۱۷) | کشورهای اتحادیه اروپا و MENA | EKC معتبر نیست. رابطه N شکل. |
| بوآما و همکاران[8] (۲۰۱۷) | چین | EKC معتبر نیست. رابطه N شکل. |
| داس نوس آلمدیا و همکاران[9] (۲۰۱۷) | ۱۵۲ کشور | EKC معتبر نیست. رابطه N شکل. |
| پال و میترا[10] (۲۰۱۷) | چین و هند | EKC معتبر نیست. رابطه N شکل. |
| آلارد و همکاران[11] (۲۰۱۸) | ۷۴ کشور | EKC معتبر نیست. رابطه N شکل. |
| راشدان و همکاران[12] (۲۰۲۱) | ۱۴ کشور | EKC معتبر نیست. رابطه N شکل. |
| بیست (۲۰۲۲) | ۴۱ کشور SSA[13] | رابطه N شکل فقط در میانی بالا وجود دارد. |
| زرائبی و همکاران (۲۰۲۲) | چین | EKC معتبر نیست. رابطه N شکل. |

شهزاد و همکاران[14] (۲۰۲۲) نشان دادند رابطه رشد– آلودگی می‌تواند N شکل باشد. همان‌طور که از جدول (۱) مشخص است یک دسته از مطالعات (به طور ویژه مطالعات جدیدتر) بر رابطه N شکل رشد– آلودگی تأکید دارند. نمودار (۲) رابطه N شکل رشد– آلودگی را نشان می‌دهد.




**نمودار ۲.** رابطه رشد– آلودگی N شکل

**مأخذ:** نارسیس و همکاران، ۲۰۲۳

1. Han & Lee
2. Mamun et al.
3. Menegaki & Tsagarakis
4. Ahmed et al.
5. Dogan & Turkekul
6. Ozturk et al.
7. Abid et al.
8. Boamah et al.
9. Das Neves Almeida et al.
10. Pal & Mitra
11. Allard et al.
12. Rashadan et al.

13. Sub-Saharan Africa
14. Shezad et al.

ارتباط N شکل رشد- آلودگی بدان مفهوم است که پس از گذر از یک فاز شبیه EKC (U معکوس که در آن پس از یک دوره تخریب محیط زیست به واسطه رشد اقتصادی کیفیت محیط زیست بهبود یافته)، رشد اقتصادی بیشتر مجدداً منجر به تخریب محیط زیست می‌گردد. فرسودگی محیطی مدت کوتاهی پس از افزایش سطح درآمد از سطح مناسب دوباره افزایش می‌یابد. توراس و بویس (۱۹۹۸) عنوان کردند منحنی زیست محیطی کوزنتس N شکل زمانی رخ می‌دهد که گذار تکنولوژیکی رخ دهد.

از آنجایی که تکنولوژی‌های کاهش آلودگی برای آلاینده‌های مختلف متفاوت است، منحنی زیست محیطی کوزنتس U معکوس برای همه آلاینده‌ها پیش‌بینی نمی‌شود. برای مثال، اگر تکنولوژی کاهش آلودگی در سطوح پایین درآمد بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس و در سطوح بالای درآمد بازدهی‌های کاهنده نسبت به مقیاس را نشان می‌دهد، ممکن است یک مسیر N شکل نیز ایجاد شود. درونی کردن آثار جانبی می‌تواند نیز می‌تواند باعث ایجاد یک رابطه آلودگی- درآمد N شکل ایجاد کند. درونی کردن آثار جانبی به مفهوم در نظر گرفتن آثار جانبی و یا بیرونی فعالیت‌های اقتصادی است (اعمال سیاست‌های زیست محیطی مانند مالیات‌های زیست محیطی به نوعی درونی کردن آثار زیست محیطی فعالیت‌های اقتصادی است). بنابر یک مدل ساده، پزی[1] (۱۹۸۹) پیش‌بینی می‌کند که ابتدا آلودگی بیرونی می‌شود بطوری که آلودگی با توجه به اثر مقیاس افزایش می‌یابد. با این حال، با افزایش آلودگی و درآمد، سیاستگذار شروع به درونی کردن اثرات جانبی می‌کند. همان‌طور که درونی شدن پیش می‌رود، آلودگی کاهش می‌یابد. هنگامی که درونی سازی کامل شد، آلودگی دوباره به دلیل اثر مقیاس افزایش می‌یابد. پیشرفت فنی ممکن است رابطه آلودگی ـ درآمد N شکل را توضیح دهد. دی بروین[2] (۲۰۰۰) استدلال می‌کند وقتی که فرصت‌های تکنولوژیکی برای کاهش بیشتر آلودگی متوقف و یا پر هزینه شود، کاهش فشار زیست محیطی یک پدیده موقتی است.

### ۳-۲- مصرف انرژی تجدیدپذیر و انتشار دی اکسید کربن

انرژی‌های تجدیدپذیر از طریق فرایندها و ساز و کارهای طبیعت، به طور پیوسته تجدید می‌شوند و در دسترس انسان قرار می‌گیرند؛ انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی زمین گرمایی، انرژی جزر و مد دریا و ...

منابع انرژی تجدیدپذیر عمر طولانی و چرخه‌های طبیعی دارند و برخلاف منابع انرژی تجدیدناپذیر، نظیر سوخت‌های فسیلی، پایان پذیر نیستند و این مسئله تداوم مصرف انرژی را برای نسل‌های بعدی تضمین می‌کند. این منابع، به خصوص انرژی‌های بادی و خورشیدی، به دلیل فراوانی و امکانات مناسب جغرافیایی، قابلیت‌های قابل توجهی در تولید انرژی دارند و استفاده از آنها می‌تواند موجب صرفه جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی شود. همچنین، می‌توان در هر محل با شرایط جغرافیایی مناسب اقدام به تولید انرژی تجدیدپذیر نمود و این امر موجب تولید غیرمتمرکز انرژی در مناطق با جمعیت کم و پراکنده نظیر روستاها می‌شود.

استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به عنوان یک جایگزین سازگاربا محیط زیست برای سوخت‌های غیر قابل تجدیدپذیر (فسیلی) از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در حقیقت، این منابع انرژی پتانسیل تولید انرژی سبز (انرژی بدون ایجاد آلودگی کربن) را داشته و همزمان سطح گازهای گلخانه‌ای[3] در محیط را افزایش نمی‌دهند. به طور خلاصه، منابع انرژی‌های تجدیدپذیر دارای مزایای بیشمار و بسیار مفیدی هستند از جمله: قابلیت تجدیدپذیری، قابلیت بالای تولید انرژی، ایجاد مراکزتولید انرژی غیر متمرکز، عدم آلودگی محیطزیست، کمک به مشکلات صنعت برق. استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر در کنار مزایای بیشمار، دارای معایب و محدودیت‌هایی نیز است که عبارتند از: محدودیت‌های زمانی و مکانی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری زیاد.

## ۳- روش‌شناسی پژوهش

در مطالعه حاضر رابطه تخریب محیط زیست و رشد اقتصادی به صورت رابطه (۱) بیان می‌شود.

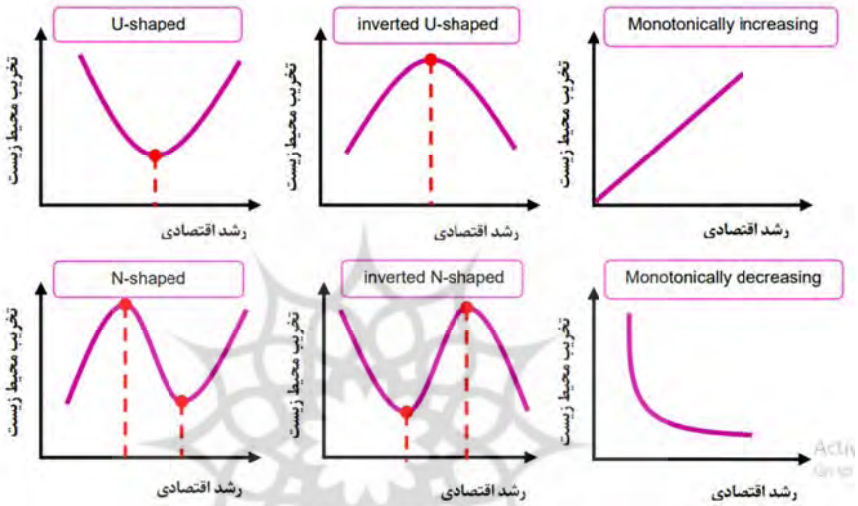
$$LogCO_{2it} = a_0 + \alpha_1 LogGDP_{it} + a_2 LogGDP_{it}^2 + \alpha_3 LogGDP_{it}^3 + \alpha_4 Z_{it} + u_{it}$$ رابطه (۱)

$CO_2$ انتشار دی اکسید کربن سرانه و GDP تولید ناخالص داخلی سرانه است. $Z$ متغیر کنترلی و u جمله اختلال است. i بیانگر مقطع (کشور) و t بیانگر زمان است. اگر

1. Pezzy
2. De Bruyan

۳. گازهای گلخانه‌ای شامل بخار آب، دی‌اکسید کربن، متان، دی نیتروژن مونوکسید و ازون می‌باشند.

$\alpha_3 = \alpha_2 = \alpha_1 = 0$، میان تخریب محیط زیست و درآمد یا یک الگوی ثابت وجود خواهد داشت یا هیچ رابطه ای وجود نخواهد داشت. اگر $\alpha_1 > 0$ و $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$، یک رابطه رو به افزایش یکنواخت وجود خواهد داشت به طوری که تخریب محیط زیست همراه با رشد اقتصادی افزایش می‌یابد. اگر $\alpha_1 < 0$ و $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$، یک رابطه کاهشی یکنواخت بین زوال محیط زیست و درآمد وجود خواهد داشت. اگر $\alpha_3 = 0$ و $\alpha_2 \leq 0$، $\alpha_1 > 0$ کلاسیک یا U معکوس بدست می‌آید. اگر $\alpha_3 = 0$ و $\alpha_2 > 0$، $\alpha_1 < 0$ یک رابطه U شکل بین تخریب محیط زیست و درآمد وجود خواهد داشت. اگر $\alpha_3 > 0$ و $\alpha_2 \leq 0$، $\alpha_1 > 0$ یک رابطه N شکل بین زوال محیطی و درآمد وجود خواهد داشت. اگر $\alpha_3 < 0$ و $\alpha_2 > 0$، $\alpha_1 < 0$ یک رابطه N معکوس بین تخریب محیط زیست و رشد اقتصادی وجود خواهد داشت. موارد و حالت‌های فوق در نمودار (۳) نشان داده شده است.




**نمودار ۳.** حالت‌های مختلف رابطه بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست

**مأخذ:** فاخر، ۱۳۹۹

مدلی که در این پژوهش به منظور بررسی رابطه رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست برآورد می‌شود در رابطه (۲) خلاصه می‌شود:

رابطه ۲)
$$LogCO_{2it} = \alpha_0 + \alpha_1 LogGDP_{it} + \alpha_2 LogGDP_{it}^2 + \alpha_2 LogGDP_{it}^3 + \alpha_4 LogREC_{it} + \alpha_5 LogFEC_{it} + u_{it}$$

REC مصرف انرژی تجدیدپذیر و FEC مصرف انرژی فسیلی است.

### ۱-۳- برآوردگر FGLS

داده‌های مقطعی ـ سری زمانی تلفیقی از داده‌های سری زمانی و مقطعی است؛ تکرار مشاهدات در طول زمان بر روی مجموعه‌ای از مقاطع (واحدها). استفاده از این داده‌ها در مطالعات علوم اجتماعی رایج و متداول شده است. ناهمسانی واریانس، خود همبستگی و همبستگی مقطعی مشکلات مهمی در جملات خطای مدل‌های رگرسیون پانل هستند. یک راه‌حل برای غلبه بر این مشکل استفاده از برآوردگر حداقل مربعات تعمیم‌یافته (GLS) است که مستقیماً ناهمسانی واریانس، خود همبستگی و همبستگی مقطعی را در برآورد در نظر می‌گیرد. در برازش مدل‌های خطی با داده‌های مقطعی ـ سری زمانی و با وجود ساختار خطای غیرکروی، بکارگیری روش FGLS (به جهت بهبود در کارایی تخمین) که توسط پارکس[1] (۱۹۶۷) پیشنهاد شد و مورد توجه کمنتا[2] (۱۹۸۶) قرار گرفت متداول می‌باشد. الگوی رگرسیونی (۱) را که در آن $y$ بردار متغیر وابسته، $X$ بردار متغیرهای توضیحی، $\beta$ بردار ضرایب رگرسیونی و $E$ بردار جملات اختلال است را با در نظر گرفتن این فرض که $Ey = X\beta$ در نظر می‌گیریم.

رابطه ۳)
$$y = X\beta + \varepsilon$$

فرض می‌شود $V(y) = V(\varepsilon) = \sigma^2 I$ صادق نیست و $V(y) = V$ است. که در آن $V$ ماتریس معین مثبت است.

1. Parks
2. Kmenta

گاهی $V(y)=\sigma^2\Omega$ در نظر گرفته می‌شود. $\hat{\beta}=(XX)^{-1}X'y$ است. در این حالت $V(\hat{\beta})=(X'X)^{-1}XVX\,(X'X)^{-1}$ است. ایده اصلی GLS این است که ماتریس مشاهده $[y \quad X]$ به گونه‌ای تبدیل می‌شود که واریانس در مدل تبدیل شده $\sigma^2 I$ باشد. از آنجایی که V معین مثبت است، $V^{-1}$ نیز معین مثبت است. بنابراین، یک ماتریس غیر منفرد P وجود دارد که $V^{-1}=P'P$. با تبدیل $y=X\beta+\varepsilon$ رابطه (۴) بدست می‌آید:

رابطه ۴) $Py=PX\beta+P\varepsilon$

که $EP\varepsilon=PE\varepsilon=0$ و $V(P\varepsilon)=PE\varepsilon\varepsilon'P'=PVP'=P\,(P'P)^{-1}P'=I$ است. بنابراین، برآوردگر LS در مدل تبدیل شده (رابطه ۴) BLUE[1] است. برآوردگر LS برای $\beta$ در مدل $Py=PX\beta+P\varepsilon$، برآوردگر GLS برای $\beta$ در مدل $y=X\beta+\varepsilon$ است. برآوردگر GLS برای $\beta$عبارتست از:

رابطه ۵) $\hat{\beta}_G=(X'P'PX)^{-1}X'P'Py$
$=(X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}y$

که

$V(\hat{\beta}_G)=E\,(X'V^{-1}X)^{-1}$

$X'V^{-1}VV^{-1}X\,(X'V^{-1}X)^{-1}=$
$(X'V^{-1}X)^{-1}$

و

$\hat{\beta}_G-\beta=(X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}\varepsilon$

مطابق با قضیه آیتکن، برآوردگر GLS، BLUE است. اگر $\Omega$ معلوم نباشد، نمی‌توان $\Omega$ را برآورد کرد. بنابراین، معمولاً برخی از محدودیت‌های پارامتری به صورت $\Omega=\Omega(\theta)$ با پارامتر ثابت $\theta$ ایجاد می‌شود. مطابق با تعریف $\hat{\Omega}=\Omega(\hat{\theta})$، $\hat{\Omega}$ تخمین زن سازگاری از $\Omega$ است اگر و فقط $\hat{\theta}$ تخمین‌زن سازگاری از $\theta$ باشد. FGLS روش تخمینی است که وقتی $\Omega$ مجهول است استفاده می‌شود. FGLS همان GLS است با این تفاوت که به جای $\Omega$ از یک $\Omega$ تخمینی استفاده می‌شود، مثلاً $\hat{\Omega}=\Omega(\hat{\theta})$ روابط (۶) و (۷) به ترتیب مقادیر $\hat{\beta}_{FG}$ و $\hat{\beta}_{FG}-\beta$ را گزارش می‌دهند.

رابطه ۶) $\hat{\beta}_{FG}=(X'\hat{\Omega}^{-1}X)^{-1}X'\hat{\Omega}^{-1}y$

رابطه ۷) $\hat{\beta}_{FG}-\beta=(X'\hat{\Omega}^{-1}X)^{-1}X'\hat{\Omega}^{-1}\varepsilon$

سازگاری $\hat{\theta}$ به معنای سازگاری برآوردگر FGLS است.

### ۳-۲- برآوردگر PCSE

روش دیگر برای غلبه بر مشکل ناهمسانی واریانس، خود همبستگی و همبستگی همزمانی در داده‌های پانل استفاده از تخمین زن‌های خطاهای استاندارد تصحیح شده پانلی (PCSE) است. بک و کاتز[2] (۱۹۹۵) در یک مطالعه شبیه‌سازی نشان دادند که خطاهای استاندارد تخمین زده شده مدل پارکس (۱۹۶۷)، فواصل اطمینانی را ایجاد می‌کنند که به طور قابل توجهی بسیار کوچک هستند. بنابراین، آنها تخمین مدل‌های خطی با داده‌های مقطعی ـ سری زمانی را با حداقل مربعات معمولی (OLS) پیشنهاد کردند و یک تخمین‌زن برای ماتریس کوواریانس پارامترهای تخمین زده شده معرفی کردند که آن را خطاهای استاندارد تصحیح شده پانلی (PCSE) نامیدند. برآوردگر PCSE یک روش آلترناتیو برای تخمین زن حداقل مربعات تعمیم یافته امکان پذیر (FGLS) است؛ برای برازش مدل‌های مقطعی ـ سری زمانی خطی زمانی که فرض نمی‌شود جملات خطا مستقل و به طور یکسان توزیع شده‌اند (i.i.d). درعوض، فرض می‌شود که جملات خطا در پانل‌ها واریانس ناهمسان هستند و یا در پانل ها همبستگی همزمانی و ناهمسانی واریانس وجود دارد. همچنین ممکن است فرض شود که جملات خطا درون پانل خود همبستگی دارند. یک مدل با داده‌های مقطعی ـ سری زمانی به صورت رابطه (۸) است:

رابطه ۸) $y_{i.t}=x_{i.t}\beta+\epsilon_{i.t} \quad i=1.\ldots.T$

$x_{i.t}$ بردار متغیرهای برونزا است. مقاطع با i و زمان با t نشان داده می‌شود. تحلیلگران داده‌های مقطعی– سری زمانی معمولاً فرض می‌کنند که برای هر واحد و یا مقطع معین، واریانس خطا ثابت است، به طوری که تنها منبع ناهمسانی واریانس اختلاف واریانس میان مقاطع است. تحلیلگران همچنین فرض می‌کنند همه همبستگی‌های فضایی همزمان هستند و با زمان تغییر نمی‌کنند. بنابراین، ماتریس واریانس– کوواریانس تخمین زن حداقل مربعات معمولی به صورت رابطه (۹) به دست می‌آید.

رابطه ۹) $Cov(\hat{\beta})=(X^TX)^{-1}$
$\{X^T\Omega X\}\,(X^TX)^{-1}$

اگر خطاها از فرض خطای کروی پیروی کنند یعنی $\Omega=\sigma^2 I$، رابطه (۹) به عبارت $\widehat{\sigma^2}\,(X^TX)^{-1}$ خلاصه

$(X'V^{-1}\varepsilon\varepsilon'V^{-1}X\,(X'V^{-1}X)^{-1}=(X'V^{-1}X)^{-1}$

1. Best Linear Unbiased Estimator

2. Beck and Katz

می‌شود. $\widehat{\sigma^2}$ برآوردگر OLS واریانس خطا ($\sigma^2$) است. اگر خطاها از فروضی که در فوق اشاره شد پیروی نکنند، $\widehat{\sigma^2}$ برآورد نادرستی از $\sigma^2$ است. با این حال، رابطه (۹) همچنان می‌تواند برای ارائه PCSE های دقیق استفاده شود. برای مدل‌های پانل با ناهمسانی واریانس و همبستگی همزمانی، $\Omega$ یک ماتریس قطری NT × NT با ماتریس N × N از کوواریانس‌های همزمان، $\Sigma$، در امتداد قطر است. برای تخمین رابطه (۹) به تخمین $\Sigma$ نیاز است. از آنجایی که برآوردهای OLS رابطه (۸) سازگار است، می‌توان از جملات باقیمانده $(e_{i.t})$ بدست آمده از روش OLS برای معرفی تخمین سازگار از $\Sigma$ استفاده کرد. با تعریف $e_{i.t}$ به عنوان باقیمانده OLS برای واحد i در زمان t، می‌توان $\Sigma$ را توسط رابطه (۱۰) تخمین زد:

رابطه ۱۰)
$$\hat{\Sigma} = \frac{\sum_{t=1}^{T_{i.j}} e_{i.t}\, e_{j.t}}{T_{i.j}}$$

با استفاده از رابطه (۱۰) تخمین زن $\hat{\Omega}$ با ایجاد یک ماتریس قطری بلوکی با ماتریس‌های $\hat{\Sigma}$ در امتداد قطر تشکیل می‌گردد. با داده‌های متوازن که در آن $T_{i.j} = T$، $\forall_i = 1. \dots . N$، می‌توان رابطه (۱۰) را به صورت رابطه (۱۱) ساده کرد:

رابطه ۱۱)
$$\hat{\Sigma} = \frac{(E^T E)}{T}$$

که در آن E ماتریس پسماندها با ابعاد T × N است و بنابراین $\Omega$ توسط رابطه (۱۲) برآورد می‌شود:

رابطه ۱۲)
$$\hat{\Omega} = \hat{\Sigma} \otimes I_T$$

$\otimes$ ضرب کرونکر است. بنابراین PCSE ها با گرفتن جذر عناصر قطری محاسبه می‌شوند:

رابطه ۱۳)
$$PCSE = (X^T X)^{-1} X^T \hat{\Omega}\; X\,(X^T X)^{-1}$$

برآوردگر PCSE برآوردهای خطای استاندارد تصحیح شده پانلی را برای مدل‌های مقطعی ـ سری زمانی خطی محاسبه می‌کند که در آن پارامترها توسط رگرسیون OLS یا Prais-Winsten تخمین زده می‌شوند.

### ۳-۳- داده

کشورهای مورد مطالعه ۲۶ کشور توسعه یافته و ۴۱ کشور در حال توسعه است. ایران هم به عنوان یک کشور در حال توسعه در گروه کشورهای در حال توسعه لحاظ شده است. در واقع، کشورهای زیادی مطالعه شده است به این دلیل که بتوان در یک سطح کلی تری در خصوص ارتباط رشد و انتشار دی اکسید کربن اظهار نظر کنیم. در مورد تعداد کشورها، دسترسی به داده‌ها خیلی اهمیت داشته و همینطور این که کشورهای در حال توسعه تعدادشان بیشتر از کشورهای در حال توسعه است. کشورهای توسعه یافته عبارتند از استرالیا، اتریش، بلژیک، کانادا، فرانسه، آلمان، یونان، هنگ کنگ SAR، چین، ایسلند، ایرلند، ایتالیا، لوکزامبورگ، ژاپن، کره جنوبی، نروژ، نیوزلند، هلند، سوئد، سوئیس، اسپانیا، اسلوونی، سنگاپور، دانمارک، فنلاند، ایالات متحده و انگلستان. کشورهای در حال توسعه عبارتند از: الجزایر، آنگولا، آذربایجان، بوسنی هرزگوین، بوتسوانا، برزیل، لمبیا، کنگو، چین، اکوادور، مصر، گابن، گرجستان،گواتمالا، هندوستان، ایران، جامائیکا، اردن، قزاقستان، لبنان، لیبی، مولداوی، مغولستان، مراکش، نامیبیا، نیجریه، مقدونیه شمالی، پاناما، پاراگوئه، آفریقای جنوبی، سری لانکا، تایلند، تونس، ترکیه، ترکمنستان، آلبانی، کویت، فدراسیون روسیه، قطر، عربستان سعودی و امارات متحده عربی. دوره زمانی مطالعه ۲۰۲۱-۲۰۰۰ است. جدول (۲) متغیرهای الگو و منبع گردآوری آنها را گزارش می‌دهد.

**جدول ۲.** متغیرها و منبع داده‌ها

| متغیر | تعریف | واحد | منبع |
|---|---|---|---|
| CO2 | دی اکسید کربن | تن سرانه | https://worldbank.org |
| GDP | تولید ناخالص داخلی | تولید ناخالص داخلی سرانه (دلار ثابت سال ۲۰۱۵) | https://worldbank.org |
| REC | مصرف انرژی تجدیدپذیر | درصدی از مصرف نهایی انرژی | https://worldbank.org |
| FEC | مصرف انرژی فسیلی | سرانه (کیلو وات ساعت) | https://outworldindata.org |

جدول (۳) گزارشی از توصیف آماری متغیرهای الگو برای هر دو گروه کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته ارائه می‌دهد.

**جدول ۳.** خلاصه آماری داده‌ها

| متغیر | مشاهده | میانگین | انحراف معیار | کمترین | بیشترین |
|---|---|---|---|---|---|
| **کشورهای در حال توسعه** | | | | | |
| CO2 | ۷۷۹ | ۵/۶۹۴۰۲۲ | ۷/۴۶۰۶۶۹ | ۰/۰۱۶۳ | ۴۷/۶۹۹۹۴ |
| GDP | ۸۵۸ | ۸۱۴۸/۹۹۳ | ۱۱۵۵۲/۷۱ | ۳۳۴/۰۱۵۶ | ۶۵۱۲۹/۳۸ |
| REC | ۷۴۷ | ۲۵/۱۵۹۹۳ | ۲۶/۳۰۰۲۵ | ۰/۰۰۱۶ | ۹۸/۳۴۲۹ |
| FEC | ۴۴۰ | ۴۰۲۱۵/۱۱ | ۵۳۱۵۷/۴۶ | ۲۱۱۸/۳۱۷ | ۲۵۹۴۱۰/۱ |
| **کشورهای توسعه یافته** | | | | | |
| CO2 | ۴۹۹ | ۹/۵ | ۴/۱۶ | ۳/۲۴ | ۲۵/۶ |
| GDP | ۵۴۶ | ۴۵۲۳۵/۴۳ | ۱۸۵۴۷/۹۵ | ۱۶۲۴۰/۶۶ | ۱۱۲۴۱۷/۹ |
| REC | ۵۲۰ | ۱۸/۱۱۸۶۲ | ۱۸/۵۴۹۲۴ | ۰/۰۵ | ۸۲/۷۹ |
| FEC | ۵۲۰ | ۴۶۵۹۷/۲۹ | ۲۶۸۶۷/۷۴ | ۱۸۱۹۱/۱۳ | ۱۷۴۲۴۰/۴ |

## ٤- یافته‌های تجربی و بحث

با وجود داده‌های پانل لازم است قبل از انجام آزمون ریشه واحد ابتدا وابستگی مقطعی در داده‌ها بررسی شود. اگر وابستگی مقطعی در داده‌ها تأیید شود، می‌بایست از آزمون‌های ریشه واحد و هم انباشتگی‌ای که این وابستگی را لحاظ می‌کنند استفاده کرد. در غیر اینصورت، می‌توان از آزمون‌های ریشه واحد و هم انباشتگی معمولی استفاده کرد.

### ٤-١- آزمون وابستگی مقطعی

نتایج آزمون وابستگی مقطعی فریدمن در جدول (۳) برای هر دو گروه کشورها گزارش می‌شود. در این مطالعه، آزمون وابستگی مقاطع را بر اساس آزمون CD پسران انجام می‌شود (پسران[1]، ۲۰۰۴). آماره CD بر اساس معادله (۱۴) محاسبه می‌شود:

رابطه ۱۴)

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N\,(N-1)}\left(\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N}\hat{\rho}_{ij}\right)}$$

T فاصله زمانی، N تعداد مقاطع و $\hat{\rho}_{ij}$ همبستگی pair-wise میان مقاطع است. نتایج این آزمون در جدول (۴) گزارش شده است.

1. Pesaran

**جدول ٤.** آزمون وابستگی مقطعی

| آزمون | کشورهای در حال توسعه | | | کشورهای توسعه یافته | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | آماره | مقدار احتمال | نتیجه | آماره | مقدار احتمال | نتیجه |
| پسران | ۰/۶۰۵ | ۰/۵۴۴۹ | نبود وابستگی مقطعی | ۳/۰۰۸ | ۰/۰۰۲۶ | وجود وابستگی مقطعی |
| فریدمن | ۹/۱۹۰ | ۰/۹۸۰۶ | نبود وابستگی مقطعی | ۳۷/۹۱۵ | ۰/۰۳۵۴ | وجود وابستگی مقطعی |

مطابق با مقدار احتمال، فرضیه مقابل دال بر وجود وابستگی مقطعی رد می‌شود. بنابراین بین مقاطع (کشورها) وابستگی وجود ندارد. بنابراین برای انجام آزمون ریشه واحد و هم انباشتگی از آزمون‌های نسل اول استفاده می‌شود.

### ٤-٢- آزمون ریشه واحد

برای بررسی ریشه واحد متغیرها از آزمون ایم، پسران و شین استفاده شده است. جدول (۵) نتایج این آزمون را گزارش می‌دهد. با وجود همبستگی مقطعی، آزمون‌های ریشه واحد سنتی به منظور بررسی همبستگی مقطعی نامناسب است و باید از آزمون‌های دیگری که این وابستگی را در نظر می‌گیرند مانند پسران (۲۰۰۷) استفاده کرد. پسران (۲۰۰۷) آزمون ریشه واحد IPS را با در نظر گرفته وابستگی مقطعی پیشنهاد دادند (CIPS).

رابطه ۱۵)

$$CIPS = N^{-1}\sum_{i=1}^{N} t_i\,(N,T)$$

که در رابطه (۱۵) $t_i\,(N,T)$ آماره دیکی فولر تعمیم یافته مقطعی برای واحد i ام است.

**جدول ۵.** آزمون ریشه واحد

| متغیر | کشورهای در حال توسعه | | | کشورهای توسعه یافته | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | آماره IPS | مقدار احتمال | نتیجه | آماره CIPS | ٪۱ | ٪۵ | ٪۱۰ | نتیجه |
| LCO2 | ۰/۶۶۹۷ | ۰/۷۴۸۵ | I (1) | −۲/۵۱۶ | −۲/۱۱ | −۲/۲ | −۲/۱۱ | I (0) |
| LGDP | −۲/۳۳۸۲ | ۰/۰۰۹۷ | I (0) | −۱/۲۲۹ | −۲/۳ | −۲/۱۵ | −۲/۰۷ | I (1) |
| $LGDP^2$ | −۱/۸۴۸۷ | ۰/۰۳۲۳ | I (0) | −۱/۲۱۴ | −۲/۳ | −۲/۱۵ | −۲/۰۷ | I (1) |
| $LGDP^3$ | −۱/۳۳۰۰ | ۰/۰۳۲۳ | I (0) | −۱/۱۹۹ | −۲/۳ | −۲/۱۵ | −۲/۰۷ | I (1) |
| LREC | −۰/۰۶۳۴ | ۰/۴۷۴۷ | I (1) | −۲/۷۱۹ | −۲/۳۸ | −۲/۲ | −۲/۱۱ | I (0) |
| LFEC | −۰/۵۷۸۵ | ۰/۲۸۱۵ | I (1) | −۲/۱۶۴ | −۲/۳۸ | −۲/۲ | −۲/۱۱ | I (1) |

## ٤-۳-آزمون هم انباشتگی

وجود وابستگی مقطعی باعث می‌شود در بررسی هم انباشتگی میان متغیرها وابستگی مقاطع در نظر گرفته شود. بنابراین، آزمون هم انباشتگی پانل جدید که توسط وسترلاند[1] (۲۰۰۷) معرفی شده است به منظور بررسی وجود رابطه بلندمدت میان متغیرهای الگو در گروه کشورهای توسعه یافته به کار می‌رود. وجود رابطه بلندمدت میان متغیرهای الگو در گروه کشورهای در حال توسعه آزمون توسط هم انباشتگی کائو بررسی می‌شود. مطابق با جدول (۶) رابطه بلندمدت میان متغیرهای الگو در گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه تأیید می‌شود.

1. Westerland

**جدول ٦.** آزمون هم انباشتگی

| آزمون | | کشورهای در حال توسعه | | | آزمون | کشورهای توسعه یافته | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | آماره | مقدار احتمال | نتیجه | | آماره | مقدار احتمال | نتیجه |
| کائو | Modified Dickey-Fuller t | −۴/۰۷۵۲ | ۰/۰۰۰۰ | تأیید ارتباط بلندمدت میان متغیرهای الگو | وسترلاند | −۱/۷۹۲۵ | ۰/۰۳۶۵ | تأیید ارتباط بلندمدت میان متغیرهای الگو |
| | Dickey-Fuller t | −۳/۹۷۴۵ | ۰/۰۰۰۰ | | | | | |
| | Augmented Dickey-Fuller t | −۲/۷۲۹۵ | ۰/۰۰۳۲ | | | | | |
| | Unadjusted modified Dickey-Fuller t | −۵/۳۸۳۷ | ۰/۰۰۰۰ | | | | | |
| | Unadjusted Dickey-Fuller t | −۴/۴۶۱۶ | ۰/۰۰۰۰ | | | | | |

## ٤-٤- آزمون‌های واریانس ناهمسانی، خود همبستگی

از آزمون واریانس ناهمسانی والد اصلاح شده و آزمون خود همبستگی ولدریج به ترتیب برای بررسی واریانس ناهمسانی، خودهمبستگی استفاده می‌شود. نتایج این آزمون‌ها در جدول (۷) گزارش می‌شود.

**جدول ۷.** آزمون واریانس ناهمسانی، خودهمبستگی و همبستگی پسماندهای مقاطع

| کشورهای در حال توسعه | | | کشورهای توسعه یافته | | |
|---|---|---|---|---|---|
| آماره | مقدار احتمال | نتیجه | آماره | مقدار احتمال | نتیجه |
| $Chi2\ (21) = 4876.11$ | ۰/۰۰۰ | واریانس ناهمسانی وجود دارد | $Chi2\ (25) = 3560.23$ | ۰/۰۰۰ | واریانس ناهمسانی وجود دارد |
| $F\ (1,20) = 22.944$ | ۰/۰۰۰ | خودهمبستگی وجود دارد | $F\ (1,24) = 24.94$ | ۰/۰۰۰ | خودهمبستگی وجود دارد |

مطابق جدول (۷)، در هر دو گروه کشورها واریانس ناهمسانی و خودهمبستگی وجود دارد.

**۵- ٤- برآورد مدل**

مطابق با نتایج آزمون واریانس ناهمسانی و خودهمبستگی از روش FGLS و PCSE برای تخمین مدل استفاده می‌شود. نتایج برآورد مدل کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته به ترتیب در جدول (۸) و (۹) گزارش می‌شود.

**جدول ۸.** برآورد مدل به روش FGLS

| متغیر | کشورهای در حال توسعه | | کشورهای توسعه یافته | |
|---|---|---|---|---|
| | ضریب | مقدار احتمال | ضریب | مقدار احتمال |
| LGDP | ۱۲/۳۵ | ۰/۰۰۰ | ۳۷/۵۳ | ۰/۰۰۰ |
| $LGDP^2$ | -۳/۵۲ | ۰/۰۰۰ | -۸/۴۷ | ۰/۰۰۰ |
| $LGDP^3$ | ۰/۳۳۰۸ | ۰/۰۰۰ | ۰/۶۳۵۲ | ۰/۰۰۰ |
| LREC | -۰/۰۱۵۴ | ۰/۰۰۰ | -۰/۰۲۷ | ۰/۰۰۰ |
| LFEC | ۰/۹۵۵۷ | ۰/۰۰۰ | ۰/۷۳۵۸ | ۰/۰۰۰ |
| تعداد مشاهدات | ۳۴۲ | | ۴۷۵ | |
| Wald chi2 | ۱۶۳۸۵۱/۹۰ | | ۱۳۲۹۸/۶۳ | |
| مقدار احتمال | ۰/۰۰۰۰ | | ۰/۰۰۰۰ | |

**جدول ۹.** برآورد مدل به روش PCSE

| متغیر | کشورهای در حال توسعه | | کشورهای توسعه یافته | |
|---|---|---|---|---|
| | ضریب | مقدار احتمال | ضریب | مقدار احتمال |
| LGDP | ۱۴/۸۱ | ۰/۰۱۴ | ۴۱/۶۵ | ۰/۱۰ |
| $LGDP^2$ | -۴/۲۳ | ۰/۰۱۵ | -۹/۴۰ | ۰/۰۹ |
| $LGDP^3$ | ۰/۳۹۸۳ | ۰/۰۱۷ | ۰/۷۰۴۲ | ۰/۰۸ |
| LREC | -۰/۰۱۸ | ۰/۰۶۲ | -۰/۰۲۷ | ۰/۰۹ |
| LFEC | ۰/۹۳۵۵ | ۰/۰۰ | ۰/۷۳ | ۰/۰۰ |
| تعداد مشاهدات | ۳۴۲ | | ۴۸۷ | |
| Wald chi2 | ۳۱۰۷/۲۵ | | ۴۱۱/۲۵ | |
| مقدار احتمال | ۰/۰۰۰ | | ۰/۰۰۰ | |

مطابق با جداول (۸) و (۹)، برآوردگرهای FGLS و PCSE نشان می‌دهند در هر دو گروه کشورها، سوخت‌های فسیلی تأثیر منفی و معنی‌دار و مصرف انرژی تجدیدپذیر تأثیر مثبت و معنی‌دار بر کیفیت محیط زیست دارد. قدر مطلق تأثیر انرژی تجدیدپذیر بر کیفیت محیط زیست در کشورهای توسعه یافته بیش از کشورهای در حال توسعه است. همچنین، تأثیر انرژی فسیلی بر کیفیت محیط زیست در کشورهای در حال توسعه بیش از کشورهای توسعه یافته است.

رابطه N شکل رشد- آلودگی در هر دو گروه کشورها تأیید می‌شود. تخریب زیست محیطی ابتدا یک رابطه مثبت با رشد اقتصادی، سپس یک رابطه منفی و در پایان یک رابطه مثبت با رشد اقتصادی نشان می‌دهد. لذا، نمی‌توان انتظار داشت با افزایش تولید انتشار آلودگی در بلند مدت کاهش یابد. به عبارتی دیگر، رشد اقتصادی بیش از حد به طور قابل توجهی از بهبود کیفیت محیط زیست جلوگیری می‌کند. بنابراین، واضح است که ادعاها و استدلال‌هایی همچون "رشد اقتصادی به تنهایی برای بهبود کافی است"، "رشد اقتصادی هم عامل و هم راه‌حل آلودگی محیطی است" یا "کشورها نباید سیاست‌های رشد اقتصادی را برای کاهش اثرات زیست محیطی به خطر بیندازند" که همگی برگرفته از وجود رابطه U معکوس میان رشد و آلودگی است مورد تردید است. کشورها همه در یک وضعیت توسعه نیستند ولی وجود الگوی N شکل برای همه نگران کننده است. اگر این نوع تخریب افسار گسیخته کنترل نشده رها شود دیر یا زود این اقتصادها ممکن است بطور کامل به سمت واقعیت‌های ناپایدار بیفتد.

در مقایسه با ادبیات، باید عنوان کرد مطالعات آبید و

همکاران (۲۰۱۷) برای کشورهای اتحادیه اروپایی و منا، داس نوس آلمدیا (۲۰۱۷) برای ۱۵۲ کشور، آلارد و همکاران (۲۰۱۸) برای ۷۴ کشور و راشدان و همکاران (۲۰۲۱) برای ۱۴ کشور رابطه N شکل رشد- آلودگی را تأیید کرده‌اند. مطالعات فراوانی در ادبیات اقتصاد انرژی و محیط زیست تأثیر مثبت و معنی‌دار مصرف انرژی تجدیدپذیر بر کیفیت محیط زیست را نشان داده‌اند. در این راستا می‌توان به مطالعات جبلی و یوسف[1] (۲۰۱۵)، لئو و همکاران[2] (۲۰۱۷)، هو[3] و همکاران (۲۰۱۸)، عثمان[4] و همکاران (۲۰۲۰) و همچنین مطالعات انجام شده در ایران مانند صادقی و همکاران (۱۳۹۶) و حبیبیان (۱۳۹۷) اشاره نمود.

## ۵- نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی

هدف این مطالعه بررسی رابطه رشد و انتشار دی اکسید کربن در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته است. بدین منظور ۲۶ کشور توسعه یافته و ۴۱ کشور در حال توسعه در فاصله زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۰ در نظر گرفته شده است. آزمون وابستگی مقطعی کشورهای توسعه یافته حاکی از وجود وابستگی مقطعی در این گروه کشورها است. لازم به ذکر است که وابستگی مقطعی در کشورهای در حال توسعه تأیید نمی‌شود. با توجه به نتایج آزمون ریشه واحد متغیرهای الگو در هر دو گروه، آزمون هم انباشتگی به جهت بررسی رابطه بلندمدت میان متغیرهای الگو انجام می‌شود. نتایج آزمون‌های هم انباشتگی وسترلاند (با وجود وابستگی مقطعی) در کشورهای توسعه یافته و آزمون کائو (بدون وجود وابستگی مقطعی) در کشورهای در حال توسعه حاکی از وجود ارتباط بلندمدت میان متغیرهای الگو در هر دو گروه کشورها است. مطابق با نتایج آزمون‌های آسیب شناسی الگو، با استفاده از برآوردگرهای FGLS و PCSE ضرایب مدل برآورد می‌شود.

نتایج نشان می‌دهد در هر دو گروه کشورها، سوخت‌های فسیلی تأثیر منفی و معنی‌دار و مصرف انرژی تجدیدپذیر تأثیر مثبت و معنی‌دار بر کیفیت محیط زیست دارد. نتایج نشان می‌دهد رابطه N شکل رشد- آلودگی در هر دو گروه کشورها تأیید می‌شود. لذا، نمی‌توان انتظار داشت با افزایش تولید انتشار آلودگی در بلند مدت کاهش یابد. لذا، تلاش‌هایی و سیاست‌هایی که بتواند به صاف کردن انتهای منحنی N شکل و به تعویق انداختن ظهور آن کمک کند ضروری است.

کشورها همه در یک وضعیت توسعه نیستند ولی وجود الگوی N شکل برای همه نگران کننده است. لذا، همکاری‌های بین المللی می‌تواند توصیه شود. آلودگی با رشد اقتصادی بطور خودکار از بین نمی‌رود و به ما این نتیجه را می‌رساند که هرکشوری بدون توجه به سطح درآمدشان، نیاز شدیدی به توسعه سیاست‌های مالی و محلی خاص برای مبارزه با آلودگی دارد. کشورها باید سیاست‌های انرژی خود را با سرعت بیشتری اصلاح کنند، مصرف بیهوده انرژی را کاهش دهند. مهمترین پیشنهاد اجرای سیاست‌های بیشتری است که جایگزینی برای انرژی‌های تجدیدپذیر را ترویج می‌کند. دولت‌ها باید صنعت سبز را از طریق جهانی شدن اقتصادی به منظور دستیابی به توسعه پایدار ارتقا دهند. جایگزین نمودن تکنولوژی‌های پاک و سازگار با محیط زیست، هدایت تولیدکنندگان به سمت استفاده از تکنولوژی‌های حامی محیط زیست توصیه می‌گردد.

1. Jebli and Youssef
2. Liu et al
3. Hu et al.
4. Usman et al.

## منابع


حبیبیان، احمد (۱۳۹۷). "*توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی کشور با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای*". دوازدهمین همایش بین‌المللی انرژی.

صادقی، سید کمال؛ سجودی، سکینه و احمدزاده دلجوان، فهیمه (۱۳۹۶). "تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در ایران". *پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، جلد ۳، شماره ۱، ۲۰۲-۱۷۱.

فاخر، حسنعلی (۱۳۹۹). "رویکردی تحلیلی بر رابطه بین رشد اقتصادی و تخریب محیطزیست در قالب فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس و انواع شاخص‌های محیط زیستی". *مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی*، دوره ۱، شماره ۳، ۲۶۲-۲۵۸.

وصفی اسفستانی، شهرام و علیشیری، هدیه (۱۳۹۰). "*ارزیابی هزینه‌های خارجی در نیروگاه‌های تولید برق*". دومین کنفرانس مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی.

Abid, M. (2017). “Does Economic, Financial and Institutional Developments Matter for Environmental Quality? A Comparative Analysis of EU and MEA Countries”. *Journal of Environmental Management*, 188, 183-194.

Agras, J. & Chapman, D. A. (1999). “Dynamic Approach to the Environmental Kuznets Curve Hypothesis”. *Ecological Economics*, 28(2), 267-177.

Ahmed, K., Shahbaz, M. & Kyophilavong, P. (2016). “Revisiting the Emissions-Energy-Trade Nexus: Evidence from the Newly Industrializing Countries”. *Environmental Science and Pollution Research*, 23 (8), 7676-7691.

Allard, A., Takman, J., Salah Uddin, G. & Ahmed, A. (2018). “The N-Shaped Environmental Kuznets Curve: an Empirical Evaluation Using a Panel Quantile Regression Approach”. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 5848–5861.

Barış-Tüzemen, Ö. Tüzemen, S. & Çelik, A. K. (2020). “Does an N-shaped Association Exist Between Pollution and ICT in Turkey? ARDL and Quantile Regression Approaches”. *Environ. Sci. Pollut. Res*, 27, 20786–20799.

Barret, S. & Graddy, K. (2000). “Freedom Growth and Environment”. *Environment and Development Economics*, 5(4), 433-456.

Beck, N. & Katz, J. N. (1995). “What To Do (and Not To Do) with Times-Series {Cross-Section Data in Comparative Politics”. *American Political Science Review*, 89(3), 634-647.

Bisset, T. (2022). “N-Shaped EKC in sub-saharan Africa: The Three-Dimensional Effects of Governance Indices and Renewable Energy Consumption”. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 3321–3334.

Boamah, K. B., Du, J., Bediako, I. A., Boamah, A. J., Abdul-Rasheed, A. A. & Owusu, S. M. (2017). “Carbon Dioxide Emission and Economic Growth of China—the Role of International Trade”. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(14), 13049-13067.

Brajer, V., Mead, R.W. & Xiao, F. (2008). “Health Benefits of Tunneling Through the Chinese Environmental Kuznets curve (EKC) ”. *Ecological Economics*, 66(4), 674-686.

Cole, M. A. (2004). “Trade, the Pollution Haven Hypothesis and the Environmental Kuznets Curve: Examining the linkages”. *Ecological Economics*, 48(1), 71-81.

Das Neves Almeida, T. A., Cruz, L., Barata, E. & García-Sánchez, I. M. (2017). “Economic Growth and Environmental Impacts: An Analysis Based on a Composite Index of Environmental Damage”. *Ecological Indicators*, 76, 119-130.

De Bruyn, S. M. (2000). “*Economic Growth and Environment: A Empirical Analysis*”. Economics and Environment, 18, Dordrecht, Boston, and London: Kluwer AcadeMic Publishers.

De Bruyn, S. M., Van Den Bergh, B. J. C. & Opschoor, J. B. (1998). “Economic Growth and Emissions: Reconsidering the Empirical Basis of Environmental Kuznets Curves”. *Ecological Economics*, 25(2), 161-175.

Dogan, E. & Turkekul, B. (2016). “CO2 Emissions, Real Output, Energy Consumption, Trade, Urbanization and Financial Development: Testing the EKC Hypothesis for the USA”. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2), 1203-1213.

Fakher, H. A. (2020). “Analytical Insights on the Relationship between Economic Growth and Environmental Degradation in Framework of EKC Hypothesis and Various Environmental Indicators”. *Journal of Innovation Management and Operational Strategies*, 1(3), 252-268.

Farhani, S. & Rejeb, J. B. (2012). “Energy Consumption, Economic Growth and CO2 Emissions: Evidence from Panel Data for MENA Region”. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2(2), 71-81.

Grossman, G. M & Krueger, A. B. (1991). “*Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*”. National Bureau of Economic Research Working Paper No. 3914, NBER, Cambridge MA.

Habibian, A. (2018). “*Economic, Social and*

*Environmental Development of the Country Using Renewable and Nuclear Energy*". The 12th International Energy Conference.

Han, C., Lee, H. (2013). "Dependence of Economic Growth on CO2 Emissions". *Journal of Economic Development*, 38(1), 47-57.

Hu, H., Xie, N., Fang, D. & Zhang, X. (2018). "The Role of Renewable Energy Consumption and Commercial Services Trade in Carbon Dioxide Reduction: Evidence from 25 Developing Countries". *Applied Energy*, 211, 1229-1244.

Jebli, M. B., & Youssef, S. B. (2015). "The Environmental Kuznets Curve, Economic Growth, Renewable and Non-Renewable Energy, and Trade in Tunisia". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 173-185.

Kmenta, J. (1986). "*Elements of Econometrics. 2nd Edition*". Macmillan, New York, NY.

Kuznets, S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality". *American Economic Review*. 45, 1-25.

Liu, X., Zhang, S. & Bae, J. (2017). "The Impact of Renewable Energy and Agriculture on Carbon Dioxide Emissions: Investigating the Environmental Kuznets Curve in Four Selected ASEAN Countries". *Journal of Cleaner Production*, 164, 1239-1247.

Mason, R. & Swanson, T.A. (2003). "Kuznets Curve Analysis of Ozone-Depleting Substances and the Impact of the Montreal Protocol". *Oxford Economic Papers*, 55(1), 1-24.

Mamun, M. A., Sohag, K., Mia, M.A.H., Uddin, G.S. & Ozturk, I. (2014). "Regional Differences in the Dynamic Linkage between CO2 Emissions, Sectoral Output and Economic Growth". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 1-11.

Menegaki, A. N. & Tsagarakis, K. P. (2015). "Rich Enough to Go Renewable, but Too Early to Leave Fossil Energy?". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1465-1477.

Narcisse, M., Zhang, S., Shahid, M. S. & Shehzad. K. (2023). "I*nvestigating the N-Shaped EKC in China: An Imperious Role of Energy Use and Health Expenditures*". Frontiers in Environmental Science, 1149507.

Ozturk, I., Al-Mulali, U. & Saboori, B. (2016). "Investigating the Environmental Kuznets Curve Hypothesis: The Role of Tourism and Ecological Footprint". *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2), 1916-1928.

Pacini, H. (2010). "*Carbon Emissions and Development Paths: A Discussion of The Environmental Kuznets Curve*". Energy and Climate Studies, UNCTAD Public Symposium Geneva: United Nations.

Pal, D. & Mitra, S. K. (2017). "The Environmental Kuznets Curve for Carbon Dioxide in India and China: Growth and Pollution At Crossroad". *Journal of Policy Modeling*, 39(2), 371-385.

Panayotou, T. (1993). "*Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. Working Paper WP238 Technology and Employment Programme*". International Labor Office, Geneva.

Park, S. & Lee, Y. (2011). "Regional Model of EKC for Air Pollution: Evidence from the Republic of Korea". *Energy Policy*, 39, 5840-5849.

Parks, R. (1967). "Ecient Estimation of a System of Regression Equations When Disturbances Are Both Serially and Contemporaneously Correlated". *Journal of the American Statistical Association*, 62(318), 500-509.

Pesaran, M. H. (2004). "*General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. Cambridge Working Papers in Economics*". No: 0435, Faculty of Economics, University of Cambridge.

Pesaran, M. H. (2007). "A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence". *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265–312.

Pezzy, J. (1989). "*Economic Analysis of Sustainable Growth Development*". The World Bank, Washangton, DC, Environment Department, Working Paper No. 15.

Rashdan, M. O. J., Faisal, F., Tursoy, T. & Pervaiz, R. (2021). "*Investigating the N-*

*shape EKC Using Capture Fisheries as a Biodiversity Indicator: Empirical Evidence from Selected 14 Emerging Countries''*. Environmental Science and Pollution Research, 28, 36344–36353.

Sadeghi, S. K., Sojodi, S. & Ahmadzadeh Deljavan, F. (2017). "Renewable Energy, Economic Growth and Quality of the Environment in Iran (1980–2012)". *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research*, 3(1), 171-202.

Sanglimsuwan, K. (2011). "Corbondioxide Emissions and Economic Growth: An Econometric Analysis". *International Research Journal of Finance and Economics*, 67(1), 97-102.

Selden, T. M. & Song, D. (1994). "Environmental Quality and Development: Is there a kuznets Curve for Air Pollution". *Journal of Environmental Economics and Environmental Manamegent*, 27(2), 147-162.

Shafik, N. & Bandyopadhyay, S. (1992). "*Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross Country Evidence*", World Development Working Paper WPS 904. Washington, DC: World Bank.

Shehzad, K., Zeraibi, A. & Zaman, U. (2022). "*Testing the N-Shaped Environmental Kuznets Curve in Algeria: An Imperious Role of Natural Resources and Economic Globalization*". Resour. Policy, 77, 102700.

Stern, D. I. (2004). "The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve". *World Development*, 32(8), 1419–1439.

Stern, D. I. & Common, M. S. (2001). "Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur". *Journal of Environmental Economics and Management*, 41(2), 162-178.

Torras, M. & Boyce, J. K. (1998). "Income, Inequality, and Pollution: A Reassessment of the Environmental Kuznets Curve". *Ecological Economics*. 25, 147–160.

Usman, O., Alola, A. A. & Sarkodie, A. A. (2020). "Assessment of the Role of Renewable Energy Consumption and Trade Policy on Environmental Degradation Using Innovation Accounting: Evidence from the US". *Renewable Energy*, 150, 266-277.

Vasfi Esfastani, S. & Alishiri, H. (2011). "*Evaluation of External Costs in Power Plants*". The Second Energy Consumption Management and Optimization Conference.

Westerlund, J. (2007). "Testing for Error Correction in Panel Data". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69, 709–748.

Zeraibi, A., Ahmed, Z., Shehzad, K., Murshed, M., Nathaniel, S. P. & Mahmood, H. (2022). "Revisiting the EKC Hypothesis by Assessing the Complementarities between Fiscal, Monetary, and Environmental Development Policies in China". *Environmental Science and Pollution Research*. 29, 23545–23560.