-- Iranian Energy Economics------
Fall 2021, 40(10), 39-61
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2022.67134. 1901

ATU PRESS

Original Research
Received: 15/mar/2022
Accepted: 6/June/2022
ISSN: 2423-5954
eISSN: 2476-6437

The Effect of Hydro-Power Energy Consumption on Carbon Dioxide Emissions, Ecological Footprint, and Carbon Footprint in Iran

Ensieh Shad Ostanjin — Master of Economics, Faculty of Social Sciences & Economics, Alzahra University, Tehran, Iran

Esmaeel Safarzadeh * — Assistant Professor, Faculty of Social Sciences & Economics, Alzahra University, Tehran, Iran

Abstract

Increasing global warming is the result of the gradual accumulation of greenhouse gases in the living environment. Energy production systems in general and electricity production in particular is one of the effective factors in the production of greenhouse gases. Therefore, on the one hand, environmental considerations and on the other hand, the limitation of fossil resources have made it necessary to change the energy production system and replace fossil fuels. In this regard, the use of renewable energy resources such as hydropower can be a good alternative to fossil fuels. This article has studied the effect of hydropower consumption on Iran's environment. Hence article has estimated the short-run and long-run relationship between hydropower consumption and different measures of environmental degradation including ecological footprint, carbon footprint, and CO2 emission in the Iranian economy during 1980-2018. For this purpose, the Autoregressive distributed lag (ARDL) approach has been used. The estimation of the specified models indicates the existence of a long-run relationship between the variables included in these models and shows that in the short and long run, there is a significant negative relationship between hydropower consumption and carbon dioxide emissions, and carbon footprints. In other words, the use of hydropower in the short and long run reduces the carbon footprint and emissions of carbon dioxide. Hydropower also affects the ecological footprint in the short run.

Keywords: Hydroelectricity Power, Ecological Footprint, Carbon Footprint, ARDL

JEL Classification: Q53, C32

* Corresponding Author: e.safarzadeh@alzahra.ac.ir
How to Cite: Shad Ostanjin, E., Safarzadeh, E. (2021). The effect of hydro-power energy consumption on carbon dioxide emissions, ecological footprint and carbon footprint in Iran. Iranian Energy Economics, 40 (10), 39-61.

-- پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران ---------
دوره ۱۰، شماره ۴۰، پاییز ۱۴۰۰، ۳۹-۶۱
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2022.67134.1901

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۶
ISSN: ۲۴۲۳-۵۹۵۴
eISSN: ۲۴۷۶-۶۴۳۷

تأثیر مصرف انرژی برق‌آبی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، ردپای اکولوژیکی و ردپای کربن در ایران

انسیه شاداستانجین کارشناس ارشد اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

اسماعیل صفرزاده * استادیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

چکیده

گرم شدن فزاینده جهان نتیجه تجمع تدریجی گازهای گلخانه‌ای در محیط زندگی است. سیستم تولید انرژی به طور اعم و تولید برق به طور اخص یکی از عوامل مؤثر در تولید گازهای گلخانه‌ای است. بنابراین از یک طرف ملاحظات زیست‌محیطی و از طرف دیگر محدودیت منابع فسیلی تغییر سیستم تولید انرژی و جایگزینی سوخت‌های فسیلی را ضروری ساخته است. در این راستا استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر ازجمله انرژی برق‌آبی می‌تواند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی باشد. این مقاله تأثیر مصرف انرژی برق‌آبی بر محیط زیست ایران را مورد مطالعه قرار داده است. در این چارچوب رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت مصرف انرژی برق‌آبی و شاخص‌های مختلف تخریب محیط زیست ازجمله ردپای اکولوژیکی، ردپای کربن و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در اقتصاد ایران در طول دوره ۹۷-۱۳۵۹ برآورد شده است. برای این منظور از رویکرد خود توضیح برداری با وقفه‌های توزیعی استفاده شده است. نتایج برآورد مدل‌های تصریح شده بیانگر وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای لحاظ شده در این مدل‌ها بوده و نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت و بلندمدت، بین مصرف انرژی برق آبی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و ردپای کربن ارتباط منفی و معنی‌داری وجود دارد. به عبارت دیگر استفاده از انرژی برق آبی در کوتاه‌مدت و بلندمدت منجر به کاهش ردپای کربن و انتشار گاز دی‌اکسید کربن می‌شود. همچنین انرژی برق‌آبی در کوتاه‌مدت بر ردپای اکولوژیکی هم مؤثر است.

کلیدواژه‌ها: انرژی برق‌آبی، ردپای اکولوژیکی، ردپای کربن، خود توضیح با وقفه‌های توزیعی

طبقه‌بندی JEL: C32 , Q53

* نویسنده مسئول: e.safarzadeh@alzahra.ac.ir

۱. مقدمه

دسترسی به منابع مختلف انرژی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های توسعه جوامع محسوب می‌شود. منابع انرژی انواع مختلفی دارد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به انواع سوخت‌های فسیلی، آب‌های جاری، باد و خورشید اشاره کرد. امروزه استفاده از سوخت‌های فسیلی به راحتی در دسترس بشر بوده و بشر از این انرژی برای تأمین نیازهای خود بهره‌مند می‌شود. استفاده از سوخت‌های فسیلی ضمن کمک به فرایند توسعه کشورها، موجبات تهدید محیط زیست را نیز فراهم می‌سازد. از بین رفتن زیستگاه‌های طبیعی یا منابع طبیعی منجر به تخریب محیط زیست می‌شود. تخریب محیط زیست زمانی اتفاق می‌افتد که منابع طبیعی زمین از بین رفته و محیط زیست به شکل انقراض‌گونه‌ها، آلودگی هوا، آب و خاک و رشد سریع جمعیت به خطر بیفتد.

از طرف دیگر رشد جمعیت، کشورهای جهان را با مسئله کاهش دسترسی به انرژی روبه‌رو ساخته است. در میان مشکلات زیادی که جوامع صنعتی امروزه با آن مواجه هستند، دو مشکل آلودگی محیط زیست و کاهش منابع انرژی ارتباط مستقیم بیشتری با یکدیگر دارند. امروزه یکی از نمودهای معضلات زیست‌محیطی گرم شدن فزاینده جهان است که این امر نتیجه تجمع تدریجی گازهای گلخانه‌ای در محیط زندگی است. تولید گازهای گلخانه‌ای هم نتیجه سیستم‌های تولید انرژی به طور اعم و تولید برق به طور اخص با استفاده از سوخت‌های فسیلی بوده است. بنابراین ملاحظات زیست‌محیطی از یک سو و محدودیت منابع فسیلی از سوی دیگر، تغییر سیستم تولید انرژی و جایگزینی سوخت‌های فسیلی را ضروری ساخته است. در این راستا استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر ازجمله انرژی برق‌آبی می‌تواند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی باشد.

شاخص‌های ارزیابی توسعه پایدار که با کمّی کردن فشار محیط زیستی حاصل شده است، در راستای تأمین تقاضای داخلی می‌توانند تا حدودی ابزار مناسبی در زمینه سیاست‌گذاری کشورها باشند. مهم‌ترین شاخص‌های ارائه‌شده در این حوزه شاخص‌های «ردپای اکولوژیکی[1] و ردپای کربن[2]» هستند. در این راستا هدف پژوهش حاضر بررسی میزان تأثیر مصرف انرژی برق آبی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، ردپای کربن و ردپای

1. Ecological Footprint
2. Carbon Footprint

اکولوژیکی در ایران است که طی یک دوره ۳۰ ساله طی دوره ۹۷-۱۳۵۹ انجام یافته است. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند درک مناسبی از چگونگی و میزان اثرگذاری را در اختیار صاحب‌نظران و سیاست‌گذاران حوزه اقتصاد و محیط زیست قرار دهد.

ادامه مقاله حاضر در چهار بخش تدوین شده است که در بخش دوم ادبیات موضوع در قالب مبانی نظری و مطالعات پیشین ارائه شده است؛ به دنبال آن بخش سوم به بررسی روش پژوهش و تصریح مدل تجربی اختصاص یافته است. برآورد مدل‌های تصریح شده موضوع بخش چهارم را تشکیل داده است و در نهایت در بخش پنجم به ارائه بحث و نتیجه‌گیری نتایج پرداخته شده‌است.

۲. مبانی نظری و مروری بر مطالعات گذشته

۲-۱. مبانی نظری

انرژی نقش بسیار مهمی در زندگی بشر دارد. امروزه با توجه به هزینه‌های روزافزون سوخت‌های فسیلی برای تأمین انرژی مورد نیاز جوامع بشری، احداث نیروگاه‌های آبی به‌عنوان یک منبع ارزان‌قیمت و تجدیدپذیر مورد توجه اغلب کشورهای جهان قرار گرفته است. انرژی برق‌آبی تقریباً ۷۵ درصد از منابع تجدیدپذیر جهانی مورد استفاده در تولید برق را تشکیل می‌دهد. نقشه راه آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۱۲ برای انرژی برق‌آبی، گزارش داده است که اقتصادهای نوظهور توانایی دو برابر کردن تولید انرژی برق‌آبی تا سال ۲۰۵۰ را دارند و بدین صورت تقریباً از ۳ میلیارد تن دی‌اکسیدکربن منتشره سالانه جلوگیری کرده و رشد اقتصادی خود را افزایش می‌دهند. در این زمینه فریرا[1] و همکاران (۲۰۱۶) بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق تولید کربن کمتر به وسیله نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک تأکید کرده‌اند. آنها ادعا کرده‌اند که از این طریق می‌توان از افزایش اثر گلخانه‌ای و همچنین گرم شدن کره زمین جلوگیری کرد.

نیروگاه برق‌آبی تنها فناوری انرژی تجدیدپذیر است که به صورت تجاری در مقیاس وسیع در دسترس است. دلیل این امر این است که نیروگاه‌های برق‌آبی از محصولات فرعی مانند محتوای بالای گوگرد برخوردار نیستند؛ زیرا که کل فرآیند تولید برق از طریق آب ورودی توربین‌هاست و خروجی آب ماهیت آن را تغییر نمی‌دهد. بنابراین باعث

1. J. H. I. Ferreira

صرفه‌جویی در هزینه‌های حفظ محیط زیست پاک می‌شود؛ افزون بر این، برخلاف سوخت‌های فسیلی، هیچ زباله‌ای هم تولید نمی‌کند. در حالی که تولید برق با استفاده از سوخت‌های فسیلی یکی از عوامل اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای است که ۴۱ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح جهان را به خود اختصاص می‌دهد (درگاهی و بهرامی غلامی، ۱۳۹۰). دسترسی به آب و انرژی مطمئن و پاک علاوه بر توسعه اقتصادی باعث ایجاد رفاه و توسعه اجتماعی نیز می‌شود. با این حال، احداث نیروگاه‌های تولید منابع انرژی تجدیدپذیر خود دارای برخی اثرات زیست‌محیطی هستند که نباید نادیده گرفته شوند.

همچنین انرژی برق‌آبی بر اقتصاد منطقه نیز اثرگذار است. از آثار مثبت نیروگاه در فاز بهره‌برداری می‌توان به اشتغال‌زایی و جذب نیروهای بومی در درازمدت و افزایش درآمد در سطح محلی، بهبود راههای دسترسی به منطقه اشاره کرد. افزایش مهاجرت افراد تحصیل کرده به منطقه افزایش سطح سواد و آموزش و افزایش مشارکت‌های اجتماعی از دیگر آثار مثبت در منطقه است. از آثار منفی می‌توان به تغییر بافت روستایی منطقه به شهری به علت توسعه منطقه و از بین رفتن برخی فعالیت‌های سنتی نظیر کشاورزی، صیادی و دامپروری اشاره کرد (معینی هادی‌زاده، ۱۴۰۰).

مصرف برق به طور اعم و استفاده از انرژی برق‌آبی به طور اخص به دلیل افزایش فعالیت‌های اقتصادی در حال افزایش است. این منبع انرژی تجدیدپذیر می‌تواند به کاهش سطح آلودگی هوا کمک کند. با افزایش میزان تولید، استفاده از نیروی برق افزایش یافت بنابراین افزایش سطح تولید و مصرف این منبع انرژی ممکن است تأثیر قابل توجهی در کاهش آلودگی هوا داشته باشد. همچنین استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر باعث افزایش ردپای اکولوژیکی می‌شود. انرژی‌های تجدیدپذیر ابزار نسبتاً بهتری برای دستیابی به پایداری محیط زیست است (ناتانیل و خان[1]، ۲۰۲۰). ضمن اینکه مصرف بیشتر انرژی‌های تجدیدناپذیر باعث افزایش سطح ردپای اکولوژیکی می‌شود. البته می‌توان گفت تغییرات اقلیمی و خشکسالی اثرات سوء بر انرژی برق‌آبی دارد که می‌تواند مانع از گسترش آن شود.

در دنیای امروزی افزایش سریع شهرنشینی در بسیاری از کشورها رشد سریع اقتصادی را در پی دارد و نتیجه آن افزایش مصرف انرژی است. از این رو به دلیل مصرف انرژی و

1. Solomon Prince Nathaniel and Syed Abdul Rehman Khan

رشد اقتصادی، سطح دی‌اکسیدکربن در محیط به طور قابل توجهی در حال افزایش است. اکثر انرژی‌ها از سوخت‌های فسیلی مانند ذغال سنگ، نفت و گاز طبیعی سرچشمه می‌گیرد که منجر به افزایش سطح انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نیز شده است. این موضوع بیشتر دانشمندان را بر آن داشت تا استدلال کنند که انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نامرئی است و ممکن است اثر آن سال‌ها طول بکشد.

در آموزه‌های اقتصادی، توسعه به صورت اجتناب‌ناپذیر به رشد مصرف منابع و ذخایر انرژی وابسته است. در کنار فرآیند توسعهٔ اقتصادی تحولات شهرنشینی نیز به‌عنوان یکی از موضوعات مهم در مباحث جمعیتی، روی مصرف انرژی و به تبع آن محیط زیست تأثیر چشمگیری داشته است (فرانکو و همکاران[1]، ۲۰۱۷). علاوه برآن شهرها به دلیل مصرف سوخت فسیلی ناشی از حرکت خودروها، سیستم‌های حمل و نقل عمومی و قرار گرفتن کارخانجات صنعتی در آنها به‌عنوان مهم‌ترین تولیدکننده گازهای کربن تلقی می‌شوند. از طرف دیگر مصارف انسانی و تولید زباله فراتر از ظرفیت ایجاد منابع جدید و جذب زباله توسط کرهٔ زمین است؛ این عدم توازن در ایجاد منابع و مصرف آن، باعث از بین رفتن سرمایهٔ طبیعی کرهٔ زمین شده است. فلذا ردپای اکولوژیکی شهرها، به خصوص در جوامع صنعتی به طور روزافزونی در حال بزرگ شدن است.

در کشورهای صنعتی و توسعه‌یافته فرآیند رشد شهرنشینی با روند تحولات تاریخی و توسعه بخش صنعت هم‌گام و هماهنگ بوده است. در مقابل نبود این نوع هماهنگی و رشد سریع‌تر شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه سبب شده است تا توسعه اقتصادی سالم و پویا شکل نگیرد و شهرنشینی شتابان در این کشورها رخ دهد که به نوبه خود پیامدهای گوناگونی دارد که در نهایت، مجموعه‌ای از بحران‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را به وجود آورده است.

۲-۲. پیشینه پژوهش

در زمینه بررسی اثرات مصرف انرژی تجدیدپذیر و همچنین مصرف انرژی تجدیدناپذیر (سوخت‌های فسیلی) بر محیط زیست، مطالعات مختلفی در کشورها صورت گرفته است. نتایج بسته به نوع داده‌ها (سری زمانی، برش‌های مقطعی و تلفیقی) و همچنین کشورها

1. Sainu Franco et al.

اعم از توسعه‌یافته و یا در حال توسعه و همچنین مدل‌های مورد بررسی متفاوت بوده است. بنابراین رابطه علیت بین متغیرهای مورد بررسی را به طور قطع نمی‌توان در ایران مطرح کرد.

وانگ و همکاران[1] (۲۰۱۶) ارتباط بین شهرنشینی، مصرف انرژی و انتشار کربن را در اتحادیه کشورهای جنوب شرق آسیا در دوره ۲۰۰۹-۱۹۸۰ مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه پژوهشگران، روابط بلندمدت و وجود رابطه علیت بین متغیرها را مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج حاصل از آزمون‌های هم‌انباشتگی تلفیقی پدرونی شواهدی مبنی بر وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت بین شهرنشینی، مصرف انرژی و انتشار کربن برای کشورهای آسه آن را نشان می‌دهد. همچنین با به‌کارگیری روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح‌شده تلفیقی[2] نشان داده‌اند که با افزایش یک درصدی در جمعیت شهری، انتشار کربن ۰/۲ درصد افزایش می‌یابد.

بلو و همکاران[3] (۲۰۱۸) اثر مصرف برق‌آبی بر محیط زیست مالزی به‌عنوان یک اقتصاد نوظهور را در دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۷۱ مورد بررسی قرار داده‌اند. در این پژوهش از چهار معیار تخریب محیط زیست شامل ردپای اکولوژیکی، ردپای کربن، ردپای آب و انتشار دی‌اکسیدکربن به‌عنوان متغیر وابسته، مصرف انرژی برق‌آبی به‌عنوان متغیر توضیحی و متغیرهای تولید ناخالص داخلی، توان دوم تولید ناخالص داخلی و شهرنشینی به‌عنوان متغیرهای کنترلی استفاده شده است. آنها جهت بررسی روابط بین متغیرها از روش خودتوضیح با وقفه‌های توزیعی[4] و آزمون علیت گرنجری استفاده کرده و نشان داده‌اند که مصرف انرژی برق‌آبی به طور چشمگیری از انتشار کربن جلوگیری می‌کند و موجب کاهش تخریب محیط زیست می‌شود.

دوغان و همکاران[5] (۲۰۲۰)، نشان داده‌اند که در دوره ۲۰۱۴-۱۹۸۰ فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس برای کشورهای بریکس[6] و ترکیه (بریکست[1]) وجود ندارد و ساختار و شدت انرژی عوامل تعیین‌کننده اصلی ردپای اکولوژیکی هستند.

---

1. Wang et al.
2. Panel fully modified ordinary least squares
3. Mufutau Opeyemi Bello et al.
4. ARDL
5. Eyup Dogan et al.
6. BRICS countries: Brazil, Russia, India, China and South Africa

ناتانائیل و رحمان‌خان (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای ادعا کرده‌اند که رشد اقتصادی همراه با افزایش تقاضای انرژی در کشورهای آسه آن در این سال‌های اخیر بی‌سابقه بوده است. از سوی دیگر انرژی مصرف‌شده در این منطقه عمدتاً تجدیدناپذیر است که می‌تواند پیامدهایی برای توسعه پایدار داشته باشد. این مطالعه تأثیر مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، رشد اقتصادی و نرخ شهرنشینی را روی شاخص ردپای اکولوژیکی در کشورهای آ سه آن در طول دوره ۲۰۱۶-۱۹۹۰ بررسی کرده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که رشد اقتصادی، تجارت و انرژی‌های تجدیدناپذیر به طور قابل‌توجهی در تخریب محیط زیست این کشورها نقش داشته است. به عبارت دیگر این منطقه به بهای محیط زیست خود در حال رشد است. همچنین نتایج پژوهش بیانگر وجود علیت یک طرفه از شهرنشینی به مصرف انرژی تجدیدناپذیر است.

کانبومای و همکاران[2] (۲۰۲۱) تأثیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، صنعتی شدن و سیاست‌های سختگیرانه زیست‌محیطی بر ردپای اکولوژیکی را در کشورهای بریکس طی دوره ۲۰۱۶-۱۹۹۵ مطالعه کرده‌اند. آنها در مطالعه خود با استفاده از روش رگرسیون‌های تلفیقی پویای به ظاهر نامرتبط و آزمون‌های علیت نشان داده‌اند که رشد اقتصادی، مصرف انرژی تجدیدپذیر، مصرف انرژی تجدیدناپذیر و صنعت با ردپای اکولوژیکی رابطه مثبتی دارند، ضمن اینکه ارتباط بین سیاست‌های سختگیرانه زیست‌محیطی با ردپای اکولوژیکی در این کشورها منفی است. همچنین نتایج این مطالعه، رابطه دوسویه بین ردپای اکولوژیکی و رشد اقتصادی و ردپای اکولوژیکی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را نشان می‌دهد.

قزوینیان و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه خود به بررسی اثر شوک‌های مصرف کل انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب منا با استفاده از مدل خودتوضیح‌برداری با داده‌های تلفیقی[3] در سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۹۲ و همچنین ایران از طریق روش خودتوضیح‌برداری در سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۸۵ پرداخته‌اند. نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که شوک مصرف انرژی به طور متناسب ابتدا منجر به افزایش نسبتاً شدید و سپس

1. BRICST
2. Nattapan Kongbuamai et al.
3. PVAR

کاهش در تولید ناخالص داخلی سرانه می‌شود. همچنین شوک مصرف انرژی ابتدا انتشار دی‌اکسیدکربن را به طور ملایم افزایش داده و سپس موجب کاهش آلودگی در دوره‌های بعد می‌شود و به سوی تعادل بلندمدت حرکت می‌کند.

ابولقاسمی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی روش‌های محاسبه ردپای کربن و اثرات تولید برق از منابع فسیلی و تجدیدپذیر در ایران را بررسی کرده‌اند. در این پژوهش به لزوم جایگزینی مصرف انرژی تجدیدپذیر در مقابل منابع سوخت‌های فسیلی پرداخته شده‌است، زیرا نیروگاه‌های تولیدی برق از سوخت‌های فسیلی متصاعدکننده آلاینده‌های مضر و جبران‌ناپذیر به محیط اطراف هستند. با تولید برق از منابع تجدیدپذیر می‌توان ردپای کربن را کاهش داد.

خان‌محمدی و مهروان (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای اثر استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی بر شاخص ردپای اکولوژیکی در محیط‌های روستایی را بررسی کرده‌اند. برای این منظور آنها روستای نجوبران در استان کرمانشاه را به‌عنوان نمونه موردی انتخاب کرده و اطلاعات مورد نیاز را از طریق مشاهدات، پرسشنامه و مصاحبه، آمارهای رسمی، سایت‌ها و منابع کتابخانه‌ای جمع‌آوری کرده‌اند. در این مطالعه جهت بررسی میزان اثرگذاری استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بر شاخص ردپای زیست‌محیطی از روش تحلیلی - توصیفی استفاده شده است. نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که ردپای اکولوژیکی برق مصرفی در روستای نجوبران در سال ۱۳۹۶ برابر با ۸۹۴/۶ هکتار در مقیاس جهانی است. استفاده از صفحات فتوولتاییک به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع و دو توربین آبی کوچک ردپای اکولوژیکی مصرف برق در این روستا را به صفر رسانده است. استفاده از این دو سامانه در کنار یکدیگر و تزریق برق تولیدی مازاد بر نیاز به شبکه سراسری، در مجموع ۳۶۴/۱۰ هکتار در مقیاس جهانی به ظرفیت زیستی منطقه و کشور اضافه کرده است که می‌تواند سایر فعالیت‌ها در نقاط شهری را از لحاظ زیست‌محیطی پشتیبانی نماید.

ولایت‌زاده و دوازده امامی (۱۳۹۸) ارتباط بین انتشار ردپای کربن و مصرف انرژی در میدان نفتی یادآوران استان خوزستان را مورد مطالعه قرار داده‌اند. با توجه به ساعات کاری اداری و عملیاتی، در این مطالعه جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات، طی ساعت‌های کاری و اداری روز در فصل بهار و ماه خرداد از ۶۴ مناطق عملیاتی و بهره‌برداری، کمپهای مسکونی، دفاتر اداری، اجرایی و واحد بهره‌برداری انجام یافته است. میزان مصارف انرژی

با استفاده از فرم جمع‌آوری اطلاعات، بازدید میدانی و مصاحبه از پیمانکاران ۳ بار (جهت دقت و صحت نتایج) طبقه‌بندی و ثبت شده است. نتیجه این پژوهش نشان می‌دهد که مجموع انتشار دی‌اکسیدکربن حاصل از مصرف برق، مصرف ژنراتورها، حمل و نقل در یک ماه به ترتیب ۱۰۷۲۷۹۴/۲۴ $Kwh/KgCO_2$، ۵۴۳۵۴۷۸ $L/KgCO_2$ و $L/KgCO_2$ ۹۳۴۲۷۰۴/۳۶ است. میزان کل انتشار دی‌اکسیدکربن در یک سال در میدان نفتی یادآوران ۱۹۰۲۱۱۷۱۹/۲ $Year/KgCO_2$ برآورد شده است. میزان کل مصرف انرژی در یک سال ۵۲۲۹۰۴۳/۹۲ GJ محاسبه شده و شدت مصرف انرژی ماهیانه و سالیانه نیز به ترتیب ۸/۶۰ Tone/GJ و ۱۰۳/۲۰ به دست آمده است.

۳. روش

۳-۱. تصریح مدل

در این پژوهش میزان تأثیر مصرف انرژی برق‌آبی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، ردپای اکولوژیکی و ردپای کربن در ایران مورد بررسی قرار گرفته است. متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش، مصرف انرژی برق‌آبی (h)، انتشار گاز دی‌اکسیدکربن (co_2)، ردپای اکولوژیکی (ef)، ردپای کربن (cf)، سرانه تولید ناخالص داخلی واقعی (y) مجذور آن (y^2) و نرخ شهرنشینی (ub) هستند. برای دستیابی به این هدف از داده‌های آماری دوره ۹۷-۱۳۵۹ استفاده شده است. با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده به برآورد مدل STIRPAT پرداخته و برای بیان روابط بلندمدت بین متغیرها و نیز سرعت تعدیل به سمت تعادل بلندمدت روش‌های نوین اقتصادسنجی مانند مدل‌های خود توضیح‌برداری با وقفه‌های گسترده و مدل تصحیح خطای برداری به کار گرفته شده است. به منظور جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز برای برآورد مدل از اطلاعات مستند آماری بانک جهانی، شبکه ردپای جهانی و سایت شرکت نفت و گاز بریتانیا استفاده شده است. مصرف انرژی برق‌آبی برحسب تراوات ساعت به صورت سرانه، انتشار گاز دی‌اکسیدکربن بر حسب کیلوتن، تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی برحسب دلار ثابت سال ۲۰۱۰ آمریکا و نرخ شهرنشینی به درصد است. جهت احتراز از ناهمگونی ارزش متغیرها، همه متغیرها به صورت لگاریتمی وارد مدل شده است و همچنین جهت برآورد مدل و آزمون فرضیه‌ها از نسخه ۱۲ نرم‌افزار ایویوز استفاده شده است.

روش‌های IPAT و STIRPAT

مدل IPAT توسط ارلیک و هولدرن[1] در اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی معرفی شد. این مدل به‌عنوان یک چارچوب برای اندازه‌گیری فشار وارد بر محیط زیست از سمت نیروهای محرک است که با معادله زیر توصیف می‌شود:

$$I = P \times T \times A$$

در معادله بالا، I شاخص تخریب محیط زیست را نشان می‌دهد، P، A و T به ترتیب نشان‌دهندهٔ جمعیت، ثروت و تکنولوژی هستند. در مدل IPAT فرض شده است که I تحت تأثیر سه نیروی محرک، یعنی P، A، T قرار دارد. علاوه بر این در این مدل فرض شده است که I با عوامل مختلف یادشده تناسب دارد. از این رو مدل IPAT به علت رابطه تناسب مستقیم فشار وارده بر محیط زیست و نیروهای محرک مؤثر بر آن، دارای محدودیت‌هایی است. به‌عنوان مثال اگر جمعیت به دو برابر افزایش یابد با فرض ثبات سایر شرایط، تأثیر در نتیجه نیز دو برابر خواهد شد. در همین راستا معادله IPAT به‌عنوان یک معادله حسابداری محدود شده و توانایی آزمون فرضیه‌های گسترده‌تر در آن وجود ندارد. این امر توسعه نظریات علوم اجتماعی را که نیازمند اعمال فرضیه در مورد رابطه بین عوامل و اثرات آزمایشی با شواهد تجربی است محدود می‌سازد. بنابرین یورک[2] و همکارانش مدل STIRPAT را با یک فرم تصادفی براساس چارچوب مدل IPAT به ثبت رساندند.

در بررسی پویای رابطه بین محیط زیست و مصرف انرژی برق‌آبی در ایران، اثرات تصادفی مدلی که توسط دیتز و رزا[3] (۱۹۹۷) پایه‌ریزی شده است، امکان گنجاندن متغیرهای مرتبط دیگری را که متناسب با چارچوب فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس هستند، می‌دهد.

مدل پایه‌ای STIRPAT به شرح زیر است:

$$I = P \times T \times A \qquad (۱)$$

$$I_t = \beta_0 P_t^{\beta_1} A_t^{\beta_2} T_t^{\beta_3} \mu_t \qquad (۲)$$

1. Paul *Ehrlich* and John Holdren
2. Richard *York*
3. Dietz, T. and Rosa, EA

پارامترهای β برآوردگر نااریب بوده و μ یک خطای تصادفی است. برخلاف کاربرد مرسوم انتشار دی‌اکسیدکربن به‌عنوان تنها شاخص تخریب محیط زیست، از ۲ عامل دیگر تخریب محیط زیست به نام‌های ردپای اکولوژیکی، ردپای کربن نیز استفاده می‌شود. این عوامل علاوه بر انتشار دی‌اکسیدکربن چشم‌انداز گسترده‌تری به تحلیل‌ها می‌دهد. از تولید ناخالص داخلی (GDP) برای اندازه‌گیری ثروت (A) استفاده می‌شود. بسته به اهداف پژوهش می‌توان تکنولوژی (T) را با متغیرهای مختلف جایگزین کرد؛ که در این پژوهش مطابق با هدف مطالعه، T با مصرف انرژی برق‌آبی که نوعی مصرف انرژی تجدیدپذیر (برق) محسوب می‌شود، جایگزین شده است. همچنین شهرنشینی به‌عنوان یک متغیر جمعیت‌شناختی وارد شده و مربع تولید ناخالص داخلی نیز جهت بررسی فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) به مدل اضافه شده است.

بنابراین مدل بسط‌یافته STIRPAT به شرح زیر خواهد بود:

$$I_t = \beta_0 P_t^{\beta_1} Y_t^{\beta_2} (Y^2)_t^{\beta_3} H_t^{\beta_4} UB_t^{\beta_5} \mu_t \quad (۳)$$

۲ طرف معادله بر جمعیت تقسیم می‌شود تا مدل به صورت سرانه به صورت زیر بیان شود:

$$i_t = \beta_1 y_t^{\beta_2} (y^2)_t^{\beta_3} h_t^{\beta_4} ub_t^{\beta_5} \mu_t \quad (۴)$$

در رابطه (۴) حروف کوچک نشان‌دهنده سرانه آن‌هاست. تولید ناخالص داخلی واقعی سرانه و مربع آن با y و y^2 نشان داده شده و متغیرهای اضافه شده یعنی مصرف برق‌آبی و نزخ شهرنشینی به ترتیب با h و ub نشان داده شده است. با لگاریتم‌گیری از طرفین رابطه فوق، مدل به صورت زیر خطی می‌شود:

$$\ln i_t = \beta_0 + \beta_2 \ln y_t + \beta_3 \ln(y^2)_t + \beta_4 \ln h_t + \beta_5 \ln ub_t + \mu_t \quad (۵)$$

براساس سه متغیر ردپای اکولوژی، ردپای کربن و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، سه معادله زیر مشخص شده است:

$$\ln cf_t = \phi_0 + \phi_2 \ln y_t + \phi_3 \ln(y^2)_t + \phi_4 \ln h_t + \phi_5 \ln ub_t + \nu_t \quad (۶)$$

$$\ln ef_t = \alpha_0 + \alpha_2 \ln y_t + \alpha_3 \ln(y^2)_t + \alpha_4 \ln h_t + \alpha_5 \ln ub_t + \varepsilon_t \quad (۷)$$

$$\ln co_{2_t} = \delta_0 + \delta_2 \ln y_t + \delta_3 \ln(y^2)_t + \delta_4 \ln h_t + \delta_5 \ln ub_t + \xi_t \quad (۸)$$

در روابط (۶) تا (۸) $\ln i_t$ توسط ۳ معیار تخریب محیط زیستی جایگزین شده است، که در این پژوهش با متغیرهای $\ln ef_t$، $\ln cf_t$، $\ln co_2$ نمایش داده شده است. $\ln cf_t$، $\ln ef_t$ و $\ln co_2$ به ترتیب مقدار لگاریتم طبیعی سرانه ردپای کربن، ردپای اکولوژیکی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن است. برای اعتبارسنجی فرضیهٔ EKC، انتظار می‌رود $\emptyset_2$، α_2، δ_2، مثبت و $\emptyset_3$، α_3، δ_3 منفی شود. انتظار بر این است که مصرف انرژی برق‌آبی به‌عنوان انرژی تجدیدپذیر ناشی از تولید برق، تخریب محیط زیست را کاهش دهد، بنابراین $\emptyset_4$، α_4، δ_4 باید منفی باشد. تأثیر نرخ شهرنشینی بر محیط زیست کشورها به چگونگی اجرای قوانین زیست‌محیطی در آن کشورها بستگی دارد. پس α_5، $\emptyset_5$، δ_5 ممکن است مثبت منفی باشد.

۲-۳. آزمون ریشه واحد

یکی از فروضی که در به‌کارگیری روش‌های سنتی و معمول اقتصادسنجی در برآورد ضرایب الگو با استفاده از داده‌های سری زمانی در نظر گرفته می‌شود، مانا بودن متغیرهای مورد استفاده است. متغیر سری زمانی را که میانگین، واریانس آن در طول زمان ثابت بوده و ضرایب خودهمبستگی آن صرفاً تابع فاصله زمانی باشد، مانا گویند. اگر در برآورد مدل اقتصادسنجی متغیرها نامانا باشند، رگرسیون برآوردشده کاذب بوده و قابل اعتماد نخواهد بود. بنابراین در این پژوهش برای رها شدن از رگرسیون کاذب و رسیدن به یک مدل قابل اعتماد به بررسی مانایی متغیرهای مدل با استفاده از آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم‌یافته پرداخته شده است، که نتایج این آزمون در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۱. نتایج بررسی مانایی متغیرها با استفاده از آزمون دیکی ـ فولر تعمیم‌یافته

آزمون دیکی ـ فولر تعمیم‌یافته						
متغیر	آماره آزمون	مقدار بحرانی در سطوح اطمینان مختلف			Prob	درجه مانایی
		۱٪	۵٪	۱۰٪		
Lef	-۲/۰۰٤	-۲/٦۳۲٦	-۱/۹۵۰٦	-۱/٦۱۱	۰/۰٤٤	I(1)
Lcf	-٤/٤۲۹	-۳/٦۳۲۹	-۲/۹٤۸٤	-۲/٦۱۲۸	۰/۰۰۱۲	I(1)
Lco_2	-٤/۰۰۵	-۳/٦۳۲۹	-۲/۹٤۸٤	-۲/٦۱۲۸	۰/۰۰۳۸	I(1)
Lh	-۳/۵۷۵۱	-۳/٦۳۲۹	-۲/۹٤۸٤	-۲/٦۱۲۸	۰/۰۱۱٦	I(1)
Ly	-٤/۷٤۳۲	-٤/۲٤۳٦	-۳/۵٤٤۳	-۳/۲۰٤۷	۰/۰۰۲۸	I(0)
Lub	-۲/٤۳٦	-۲/٦۳۰۷	-۱/۹۵۰٤	-۱/٦۱۱۲	۰/۰۱٦۳	I(0)

منبع: یافته‌های پژوهش

براساس نتایج آزمون ریشه واحد که در جدول فوق منعکس شده است، برخی از متغیرها در سطح و برخی دیگر در تفاضل مرتبه اول مانا هستند. به این اعتبار استفاده از روش‌های سنتی اقتصادسنجی و همچنین روش‌های متعارف سری زمانی ازجمله VAR و هم‌انباشتگی یوهانسون ـ یوسیلیوس جهت استخراج روابط بلندمدت خالی از اشکال نخواهد بود. جهت احتراز از این مسائل در پژوهش حاضر روابط بلندمدت بین متغیرها با استفاده از روش‌شناسی الگوهای خودتوضیح با وقفه‌های توزیعی ARDL برآورد شده است.

۳-۳. آزمون برونزایی متغیرها

در روش‌شناسی ARDL بیان می‌شود که استفاده از این روش زمانی منطقی است که متغیرهای لحاظ‌شده در مدل مانا از درجه یک I(۱) و صفر I(۰) بوده و هم‌زمانی بین آنها برقرار نباشد؛ زیرا که در صورت وجود هم‌زمانی برآوردها اریب‌دار و ناسازگار می‌شود (محمدی، ۱۳۹۰). برای این منظور در این پژوهش قبل از برآورد مدل برونزایی متغیرها نسبت به متغیر وابسته با استفاده از آزمون درونزایی« وو ـ هاسمن» مورد آزمون قرار گرفته است که نتایج آن در جدول زیر منعکس شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون درونزایی

	متغیر	احتمال	نتیجه آزمون
معادله (٦) LCF	Ly	۰/۲٤	برونزا
	Ly^2	۰/۲۱	برونزا
	lub	۰/۲۱	برونزا
	lh	۰/۲٤	برونزا
معادله (۷) LEF	Ly	۰/۳۸	برونزا
	Ly^2	۰/۲۷	برونزا
	lub	۰/۲۷	برونزا
	lh	۰/۳۸	برونزا
معادله (۸) LCO_2	Ly	۰/۲۱	برونزا
	Ly^2	۰/۱۷	برونزا
	lub	۰/۲۱	برونزا
	lh	۰/۲۱	برونزا

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج منعکس‌شده در جدول فوق گویای آن است که تمامی متغیرهای لحاظ شده در مدل نسبت به متغیر وابسته تعریف شده برونزا هستند و از این منظر اشکال و ابهامی در برآورد مدل به روش ARDL وجود ندارد. بنابراین در ادامه مقاله ارتباط متغیرها با استفاده از این روش برآورد و ارائه شده است.

٤. برآورد مدل تصریح‌شده

نتایج برآورد روابط بلندمدت در جدول (۳) گزارش شده است.

این روابط در قالب معادله (۶) برای LCF نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی سرانه اثر مثبت و معنی‌داری بر سرانه رد پای کربن دارد. با یک درصد تغییر در تولید ناخالص داخلی سرانه سرانه ردپای کربن ۲۷/۲۵ درصد در بلندمدت افزایش می‌یابد. مجذور تولید ناخالص داخلی در بلندمدت نیز فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس را برای ایران تأیید می‌کند.

همچنین مصرف انرژی برق‌آبی اثر منفی و معنی‌داری بر سرانه رد پای کربن دارد. در بلندمدت با یک درصد افزایش در مصرف انرژی برق‌آبی سرانه ردپای کربن و تخریب محیط زیست ۰/۰۲ درصد کاهش می‌یابد. نرخ شهرنشینی جمعیت اثر مثبت و معنی‌داری بر ردپای کربن دارد. یک درصد تغییر در جمعیت شهرنشین نیز در بلندمدت به میزان ۲/۲۵ درصد سرانه رد پای کربن و به‌دنبال آن تخریب محیط‌زیست را افزایش می‌دهد.

همچنین روابط بلندمدت در قالب معادله (۷) برای LEF نشان می‌دهد که تأثیر تولید ناخالص داخلی سرانه بر ردپای اکولوژیکی از نظر آماری معنی‌دار نیست و احتمالاً به همین دلیل علامت ضریب آن و اثر منفی بر سرانه ردپای اکولوژیکی با مبانی نظری مغایرت دارد. علامت مجذور تولید ناخالص داخلی در بلندمدت نیز مثبت است. نرخ شهرنشینی جمعیت اثر مثبت و معنی‌داری بر سرانه ردپای اکولوژیکی دارد. یک درصد تغییر در جمعیت شهرنشین در بلندمدت به میزان ۷/۸ درصد سرانه ردپای اکولوژیکی و به دنبال آن تخریب محیط زیست را افزایش می‌دهد.

روابط بلندمدت برآوردشده در قالب معادله (۸) برای LCO_2 نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی سرانه اثر مثبت بر سرانه انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد؛ اما این اثر از نظر آماری معنی‌دار نیست. مجذور تولید ناخالص داخلی در بلندمدت نیز فرضیه منحنی

زیست‌محیطی کوزنتس را برای ایران از منظر ریاضی تأیید می‌کند ولی به لحاظ آماری معنی‌دار نیست. همچنین مصرف انرژی برق‌آبی اثر مثبت و معنی‌داری بر سرانه انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد. در بلندمدت با یک درصد افزایش در مصرف انرژی برق‌آبی، سرانه انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و تخریب محیط زیست ۰/۱۳ درصد کاهش می‌یابد. نرخ شهرنشینی اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارد. در بلندمدت یک درصد تغییر در جمعیت شهرنشین، به میزان ۲/۵۸ درصد سرانه انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و به دنبال آن تخریب محیط زیست را افزایش می‌دهد.

جدول ۳. نتایج برآورد روابط بلندمدت

معادله	متغیر	ضرایب	آماره t	Prob
LCF (٦)	LY	۲۷/۲۵	٦/۸	۰/۰۰
	LY^2	−۱/۵۷	−٦/۷	۰/۰۰
	LH	−۰/۰۲	−۲/۲۷	۰/۰٤
	LUB	۲/۲۵	۲۹/۱۱	۰/۰۰
	C	−۱۱٦/۲۱	−٦/۸	۰/۰۰
LEF (۷)	LY	−۲/۱۷	−۰/۹۸	۰/۱۷
	LY^2	۰/۱٦	۱/۱۸	۰/۲۵
	LH	۰/۰۰۹	۰/۷۷	۰/٤۵
	LUB	۷/۸	۱۸/٤٦	۰/۰۰
	@TREND	−۰/۰٦	−۲۳/۷۷	۰/۰۰
LCO_2 (۸)	LY	۳/۰۲	۰/٤٤	۰/٦٦
	LY^2	−۰/۱۵	−۰/۳٦	۰/۷۲
	LH	−۰/۱۳	−۲/۵۱	۰/۰۲
	LUB	۲/۵۸	۱٤/۰۵	۰/۰۰
	C	−۱۲/۳٦	−۰/٤	۰/٦۷

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون کرانه‌ها در جدول (۴) ارائه شده است. این نتایج بیانگر آن است که مقدار آماره F از مقادیر کرانه بالا در سطوح مختلف معنی‌داری چه در نمونه تقریبی و چه در نمونه واقعی بزرگتر است؛ بنابراین متغیرها دارای روابط بلندمدت هستند.

جدول ٤. نتایج آزمون کرانه‌ها (هم‌انباشتگی)

معادله	حجم نمونه	آماره F	سطوح معناداری	کرانه پایین I(۰)	کرانه بالا I(۱)
LCF (٦)	نمونه تقریبی ۱۰۰۰ تایی F - statistic	۱۰/۹۰	۱۰٪	۲/۲	۳/۰۹
			۵٪	۲/۵٦	۳/٤۹
			۲٪/۵	۲/۸۸	۳/۸۷
			۱٪	۳/۲۹	٤/۳۷
	نمونه واقعی 18 تایی F-statistic	۱۰/۹۰	۱۰٪	۲/٤٦	۳/٤٦
			۵٪	۲/۹۵	٤/۰۸
			۱٪	٤/۰۹	۵/۵۳
LEF (۷)	نمونه تقریبی ۱۰۰۰ تایی F-statistic	۸/۵۷	۱۰٪	۲/٦۸	۳/۵۳
			۵٪	۳/۰۵	۳/۹۷
			۲٪/۵	۳/٤	٤/۳٦
			۱٪	۳/۸۱	٤/۹۲
	نمونه واقعی ۱۸ تایی F-statistic	۸/۵۷	۱۰٪	۳/۰۱۸	۳/۹۹
			۵٪	۳/۵۸	٤/٦۷
			۱٪	۵/۱۵	٦/٦۲
LCO_2 (۸)	نمونه تقریبی ۱۰۰۰ تایی F-statistic	۵/۸۹	۱۰٪	۲/۲	۳/۰۹
			۵٪	۲/۵٦	۳/٤۹
			۲٪/۵	۲/۸۸	۳/۸۷
			۱٪	۳/۲۹	٤/۳۷
	نمونه واقعی 18 تایی F-statistic	۵/۸۹	۱۰٪	۲/٤٦	۳/٤٦
			۵٪	۲/۹۵	٤/۰۸
			۱٪	٤/۰۹	۵/۵۳

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج برآورد روابط کوتاه‌مدت در جدول (۵) گزارش شده است. ملاحظه می‌شود که در کوتاه‌مدت یک درصد افزایش در تولید ناخالص داخلی منجر به ۳۱/۹۹ درصد افزایش سرانه رد پای کربن شده و علامت منفی مجذور تولید ناخالص داخلی نیز فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس را برای ایران تأیید می‌کند. علاوه بر آن ضریب منفی مصرف انرژی برق‌آبی نشان می‌دهد که یک درصد افزایش در مصرف این نوع انرژی منجر به کاهش ۶۰ درصدی ردپای کربن می‌شود. همچنین در معاله مربوط به ردپای اکولوژیکی هیچ‌یک از ضرایب متغیرها از لحاظ آماری معنی‌دار نیست؛ اما علامت آن‌ها با انتظار نظری سازگار است. در معادله مربوط به انتشار گاز دی‌اکسیدکربن تنها ضریب متغیر مصرف

انرژی برق‌آبی به لحاظ آماری معنی‌دار است. این متغیر در کوتاه‌مدت بر سرانه انتشار گاز دی‌اکسیدکربن اثر منفی دارد. یک درصد افزایش در مصرف انرژی برق‌آبی در کوتاه‌مدت منجر به کاهش ۰/۰۷ درصدی انتشار گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود.

جدول ۵. نتایج حاصل از برآورد مدل (کوتاه‌مدت) با استفاده از الگوی ARDL(4,3,3,0,5)

	متغیر	ضریب	آماره t	Prob
LCF (۶)	LY	۳۱/۹۹	٤/۲٦	۰/۰۰۰۸
	LY2	−۱/۸۳	−٤/۱۸	۰/۰۰۰۹
	LH	−۰/۰٦	−۲/۱۸	۰/۰۳
	LUB	−۳/۷٦	−۰/۳۷	۰/۷۱
	LUB(-5)	۲۹/۱	۳/۱۲	۰/۰۰۷
	C	−۳۱۹/۲٦	−۵/۸۷	۰/۰۰
	R^2		F-statistic	
	۰/۹۹		۰/۰۰	
LEF (۷)	LY	٤/۱٤	۰/۷۸	۰/٤٤
	LY2	−۰/۲۱	−۰/٦۷	۰/۵۱
	LH	−۰/۰۰۲	−۰/۱۰٤	۰/۹
	LUB	٤/۱۷	۰/۵۱	۰/٦۲
	C	٤۳/۷	۱/۱۸	۰/۲
	@TREND	−۰/۱۹	−٦/٦۳	۰/۰۰
	R^2		F-statistic	
	۰/۹۹		۰/۰۰	
LCO_2 (۸)	LY	۳/۰۸	۰/٤٤	۰/٦٦
	LY2	−۰/۱۵	−۰/۳۷	۰/۷۱
	LH	−۰/۰۷	−۲/۰۷	۰/۰۵۰
	LUB	−٤/۵۹	−۰/۷٤	۰/٤٦
	C	−۱۲/۷	−۰/٤۳	۰/٦۷
	R^2		F-statistic	
	۰/۹۹		۰/۰۰	

منبع: یافته‌های پژوهش

بعد از برآورد مدل‌های تصریح‌شده، جهت اطمینان از برقراری فروض کلاسیک در مورد جملات اخلال، آزمون‌های مربوط به خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی انجام‌شده است که نتایج آنها در جداول (۶) و (۷) گزارش شده است.

جدول ٦. نتایج آزمون وجود همبستگی

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test		
معادله	آماره F	Prob
LCF (٦)	١/٦٧	٠/٢٣
LEF (٧)	٢/٣٧	٠/١٤
LCO_2 (٨)	٠/٣١	٠/٧٤

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طورکه در جدول فوق ملاحظه می‌شود، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی بین جملات اخلال معادلات سه‌گانه رد نمی‌شود. همچنین براساس اطلاعات منعکس‌شده در جدول (۷) فرضیه همسانی واریانس‌های جملات اخلال این معادلات نیز رد نمی‌شود.

جدول ۷. نتایج آزمون ناهمسانی واریانس White

Heteroskedasticity Test: White		
معادله	آماره F	Prob
LCF (٦)	١	٠/٥١
LEF (٧)	١/٢	٠/٣٧
LCO_2 (٨)	٠/٤٩	٠/٨٩

منبع: یافته‌های پژوهش

۵. بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش بررسی میزان تأثیر مصرف انرژی برق‌آبی به‌عنوان یک منبع انرژی سبز بر محیط‌زیست در ایران بود. با استفاده از سه معیار مختلف تخریب محیط زیست ازجمله ردپای اکولوژیکی، ردپای کربن و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به‌عنوان متغیرهای وابسته، مدل پایه‌ای STIRPAT با افزودن مربع تولید ناخالص داخلی به منظور آزمون هم‌زمان فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس و همچنین متغیر کنترلی نرخ شهرنشینی به‌عنوان متغیر جمعیتی تصریح شد.

نتایج حاصل از برآورد روابط کوتاه‌مدت در معادله ردپای کربن نشان داد که تولید ناخالص داخلی سرانه و نرخ شهرنشینی اثر مثبت و معنی‌دار، مصرف انرژی برق‌آبی اثر منفی و معنی‌دار بر ردپای کربن دارد. همچنین با لحاظ فرم مربع تولید ناخالص داخلی

سرانه فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس نیز آزمون شد و نتایج آزمون دال بر برقراری این فرضیه در اقتصاد ایران بود.

برآورد رابطه کوتاه‌مدت در معادله ردپای اکولوژیکی نشان داد که هیچ‌کدام از ضرایب برآورد شده به لحاظ آماری معنی‌دار نیستند؛ ضمن اینکه تمام ضرایب برآورد شده علی‌رغم عدم معنی‌داری آماری منطبق بر انتظارات نظری بود.

برآورد رابطه مدل کوتاه در مورد معادله انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نشان داد که تنها ضریب برآورد شده برای مصرف سرانه انرژی برق‌آبی به لحاظ آماری معنی‌دار بوده و بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن اثر منفی دارد.

ضرایب منفی برآوردشده برای مصرف انرژی برق‌آبی در روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت مربوط به هر سه معیار تخریب محیط زیست نشان می‌دهد که مصرف انرژی برق‌آبی تخریب محیط زیست را کاهش می‌دهد. این نتایج با پژوهش بلو و همکاران (۲۰۱۸) مبنی بر تأثیرات مثبت و مطلوب انرژی برق‌آبی بر کیفیت محیط زیست سازگار است. مصرف انرژی برق‌آبی به‌عنوان یک منبع تجدیدپذیر می‌تواند مانع از انتشار آلاینده‌ها شود و به طور قابل توجهی تخریب محیط زیست را کاهش می‌دهد. با این حال سولارین و همکاران[1] (۲۰۱۷) در پژوهشی که در مورد هند و چین انجام داده‌اند، نشان داده‌اند که انرژی برق‌آبی علی‌رغم شهرت و مزایای مترتب بر آن به‌عنوان یکی از پاک‌ترین منابع برق و با حداقل تأثیر منفی بر محیط زیست، کمترین توجه را به خود جلب کرده است. در پژوهش حاضر هم مقادیر نسبتاً کوچک ضرایب مصرف برق آبی در همه مدل‌ها، نمایانگر سهم نامتناسب برق آبی در ترکیب سوخت فعلی تولید برق برای کشور است. براساس گزارش بانک جهانی نیز در سال ۲۰۱۵ سوخت‌های فسیلی بیش از ۹۰ درصد ترکیب سوخت تولید برق کشور را تشکیل داده است.

همچنین ضرایب تولید ناخالص داخلی به طور قابل ملاحظه‌ای بزرگتر از مجذور تولید ناخالص داخلی است که این امر نشان می‌دهد که فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس برای ایران به طور قطع تأیید نمی‌شود.

به طور کلی انرژی‌های تجدیدپذیر با ویژگی‌هایی همچون سازگاری با طبیعت، عدم آلودگی محیط زیست، تجدیدپذیری، پراکندگی و گستردگی منابع آن‌ها در تمام جهان

1. Solarin et al.

باعث شده است تا این انرژی‌ها به ویژه در کشورهای در حال توسعه از جاذبه بیشتری برخوردار شوند. از این رو در برنامه‌ها و سیاست‌های بین‌المللی، از جمله در برنامه‌های سازمان ملل متحد و در راستای رسیدن به توسعه پایدار جهانی اهمیت ویژه‌ای به منابع تجدیدپذیر انرژی داده می‌شود. در این راستا ایران علی‌رغم داشتن منابع عظیم نفت و گاز باید به منابع تجدیدپذیر انرژی که پتانسیل‌های قابل توجهی در سطح کشور دارند، توجه بیشتری بنماید. با این حال باید گفت که در توانایی دولت برای تجهیز مؤثر مصرف انرژی برق‌آبی برای کاهش تخریب محیط زیست محدودیت‌های ذاتی وجود دارد.

٦. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

ORCID

Ensieh Shad Ostanjin https://orcid.org/0000-0002-6522-0261

Esmaeel Safarzadeh https://orcid.org/0000-0001-8638-5754

۷. منابع

ابولقاسمی، مهناز، موسوی رینه، سیده مهسا و یوسفی، حسین. (۱۳۹۸). ردپای کربن و روش‌های محاسبه آن با تأکید بر تولید برق از منابع فسیلی و تجدیدپذیر. *فصلنامه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو*، دوره ۶، شماره ۲، پیاپی ۱۲، صفحات ۴۱-۳۱.

خان‌محمدی، احسان و مهروان، عباس. (۱۳۹۷). بررسی اثر استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی بر شاخص ردپای اکولوژیکی در محیط‌های روستایی (مطالعه موردی: روستای نجوبران استان کرمانشاه). *مسکن و محیط روستا*، بهار ۹۸، شماره ۱۶۵، صفحات ۱۱۲-۹۷.

درگاهی، حسن بهرامی و غلامی، مینا. (۱۳۹۰). عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در اقتصادهای منتخب کشورهای صنعتی و کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) و توصیه‌های سیاستی برای ایران: رویکرد داده‌های پانل. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، شماره ۱، صفحات ۹۹-۷۳.

قزوینیان، محمدحسن، هژبر کیانی، کامبیز، دهقانی، علی، زندی، فاطمه و سعیدی، خلیل. (۱۳۹۷). مقایسه تطبیقی اثر شوک های مصرف کل انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی در ایران و کشورهای منتخب منا. *پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، دوره ۹، شماره ۳۳، صفحات ۱۰۸-۹۱.

محمدی، تیمور. (۱۳۹۰). خطای متداول در کاربرد مدل‌های سری زمانی: کاربرد نادرست مدل ARDL (مدل خودرگرسیونی و توزیع با وقفه)، *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، دوره ۱۶، شماره ۴۷، صفحات ۸۳-۱۶۳.

معینی هادی‌زاده، جواد. (۱۴۰۰). مروری بر نیروگاه‌های برق‌آبی کوچک در ایران و جهان: ظرفیت‌های بالقوه و در حال بهره‌برداری، چالش‌ها و فرصت‌ها. *انرژی‌های تجدیدپذیر و نو*، ۸ (۲)، صفحات ۱۳۱-۱۳۸.

ولایت‌زاده، محمد و دوازده امامی، سینا (۱۳۹۷). ارزیابی انتشار ردپای کربن و ارتباط آن با مصرف انرژی در میدان نفتی یادآوران استان خوزستان. *مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی*، بهار ۱۳۹۸، دوره ۱۷، شماره اول، صفحات ۶۰-۴۷.

References

Abolqasmi, Mahnaz, Mousavi Reineh, Seyedeh Mehsa, Yousefi, Hossein (2018). Carbon footprint and its calculation methods with emphasis on electricity production from fossil and renewable sources, Journal of Renewable and New Energy, V. 6, N. 2, Series 12, pp. 31-41. [in Persian]

Adebola Solarin, Sakiru, Al-Mulali, Usama, Ozturk, Ilhan (2017). Validating the environmental Kuznets curve hypothesis in India and China: The role of hydroelectricity consumption, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, vol. 80(C), pp. 1578-1587.

Bello, Mufutau Opeyemi, Solarin, Sakiru Adebola, Yen, Yuen Yee (2018). The impact of electricity consumption on CO2 emission, carbon footprint, water footprint and ecological footprint: The role of hydropower in an emerging economy, Journal of Environmental Management, Volume 219, pp. 218-230.

Dargahi, Hassan, Bahrami Gholami, Mina (2011). Factors affecting greenhouse gas emissions in selected economies of industrialized and oil exporting countries (OPEC) and policy implications for Iran: A panel data approach, Journal of Iranian Energy Economics, No. 1, pp. 73-99. [in Persian]

Dietz, T and EA Rosa (1997), "Effects of Population and Affluence on CO2 Emissions", National Acad Sciences 94: 175-179.

Dogan E, Ulucak R, Kocak E, Isik C. (2020). The use of ecological footprint in estimating the Environmental Kuznets Curve hypothesis for BRICST by considering cross-section dependence and heterogeneity, Science of The Total Environment, V 723, PP. Article 138063.

Ferreira, J.H.I., Camacho, J. R., Malagoli, J.A., et al. (2016). Assessment of the potential of small hydropower development in Brazil, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 56, pp. 380-387.

Franco, Sainu, Mandla, Venkata Ravibabu, Rao, K. Ram Mohan (2017). Urbanization, energy consumption and emissions in the Indian context A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 71, pp. 898-907.

Khan Mohammadi, Ehsan; Mehrovan, Abbas (2017). Investigating the effect of using renewable energy resources on the ecological footprint index in rural environments (case study: Najobaran village, Kermanshah province), Housing and Rural Environment, No. 165, pp. 97-112. [in Persian]

Kongbuamai, N., Bui, Q. & Nimsai, S. (2021). The effects of renewable and nonrenewable energy consumption on the ecological footprint: the role of environmental policy in BRICS countries, Environmental Science and Pollution Research, V 28, pp. 27885-27899.

Mohammadi, T. (2011). Misconceptions in Application of Time series Models: The Abuse of ARDL Model. *Iranian Journal of Economic Research*, 47, 163-183. [in Persian]

Moini Hadizadeh, Javad. (2021). A review of small hydropower plants in Iran and the world: potential and operating capacities, challenges and opportunities, Journal of Renewable and New Energy, 8 (2), pp. 131-138. [in Persian]

Nathaniel S., Khan S. A. R. (2020). The nexus between urbanization, renewable energy, trade, and ecological footprint in ASEAN countries, J. Cleaner Prod., 272 (2020), pp. 1-9.

Qazvinian, Mohammad Hassan, Hejabr Kiani, Kambiz, Dehghani, Ali, Zandi, Fatemeh, Saeedi, Khalil (2017). A comparative comparison of the effect of total energy consumption shocks on carbon dioxide emissions and economic growth in Iran and selected MENA countries, Journal of Economic Growth and Development Research, V. 9, N. 33, pp. 108-91. [In Persian]

Velayatzadeh, Mohammad; Davazdah Imami, Sinai (2017). Evaluation of carbon footprint emission and its relationship with energy consumption in Yadavaran oil field of Khuzestan province. Journal of Health School and Health Research Institute, V. 17, N. 1, pp. 47-60. [in Persian]

Wang, Yuan, Chen, Lili, Kubota, Jumpei (2016). The relationship between urbanization, energy use and carbon emissions: evidence from a panel of Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries, Journal of Cleaner Production, Volume 112, Part 2, pp. 1368-1374. *oduction*, Vol. 112, Part 2, pp. 1368-1374.

استناد به این مقاله: شاد استانجین، انسیه، صفرزاده، اسماعیل. (۱۴۰۰). تأثیر مصرف انرژی برق‌آبی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، ردپای اکولوژیکی و ردپای کربن در ایران، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۴۰ (۱۰)، ۳۹-۶۱.

Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.