The Journal of PLANNING & BUDGETING
Indexed In ISC
Vol. 23 | No. 1 | Spring 2018
PP 79-96
ISSN: 2251-9092

Energy-Environmental Efficiency and Effective Factors in Oil-Rich Countries

Nasrin Ohadi[1] | nasrin.ohadi@yahoo.com
Javad Shahraki[2] | j.shahraki@eco.usb.ac.ir
Mosayeb Pahlavani[3] | pahlavani@eco.usb.ac.ir
Mostafa Mardani Najafabadi[4] | m.mardani@asnrukh.ac.ir

Abstract Nowadays, economic growth is one of the most prominent objectives of most economic policies, but an objective which usually results in environmental degradation. Economic growth and development require the use of energy as one of the most important inputs of production, and inaccessibility of affordable and reliable energy sources has frequently led to economic and social retrogression in many parts of the world. The main objective of this paper is to measure energy-environmental efficiency for Iran and oil-rich countries using the Data Envelopment Analysis method with undesirable outputs and to investigate factors affecting it using the panel Tobit regression method. The results show that Iran's average energy-environmental efficiency under constant and variable returns to scale are 50 and 54 percent, respectively. This means that it has the lowest energy-environmental efficiency compared to other studied countries. Also, there is a significant and negative relationship between the use of fossil fuels and population with energy-environmental efficiency, whereas there is a significant and positive relationship between the extent of trade openness and energy-environmental efficiency. Accordingly, this study proposes some executive strategy and recommendations for increasing energy-environmental efficiency.

Keywords: Energy, Panel Tobit, Data Envelopment Analysis, Environmental Efficiency, Oil-Rich Countries.

JEL Classification: C14, O57, Q4.

1. Ph.D Student in Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Iran.
3. Associate professor, Faculty of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Iran (Corresponding Author).
4. Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Khuzestan, Iran.

محاسبه زیست‌کارایی انرژی و بررسی عوامل موثر بر آن در کشورهای نفت‌خیز

نسرین اوحدی | nasrin.ohadi@yahoo.com
دانشجوی دکتری مهندسی اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران.
جواد شهرکی | j.shahraki@eco.usb.ac.ir
دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران.
مصیب پهلوانی | pahlavani@eco.usb.ac.ir
دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران (نویسنده مسئول).
مصطفی مردانی‌نجف‌آبادی | m.mardani@asnrukh.ac.ir
استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، خوزستان،ایران

دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۲۰ | پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۳

چکیده: امروزه، هدف اصلی بسیاری از سیاست‌های اقتصادی دولت‌ها، رشد اقتصادی است که به‌طور معمول به ایجاد زیان‌های زیست‌محیطی منجر می‌شود. رشد و توسعه اقتصادی نیازمند استفاده از انرژی به عنوان یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولید است و عدم دسترسی به انرژی مقرون‌به‌صرفه و قابل‌اعتماد، عامل ایجاد عقب‌ماندگی‌های اقتصادی و اجتماعی در بسیاری از نقاط جهان شده است. هدف این پژوهش، اندازه‌گیری زیست‌کارایی انرژی در ایران و کشورهای نفتی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های دارای خروجی نامطلوب و بررسی عوامل موثر بر زیست‌کارایی انرژی با استفاده از روش پانل توبیت است. نتایج پژوهش نشان می‌دهند که کشور ایران با دارا بودن میانگین زیست‌کارایی انرژی برابر با ۵۰ و ۵۴ به ترتیب در حالت بازدهی ثابت و متغیر به مقیاس، از کم‌ترین میزان زیست‌کارایی انرژی نسبت به سایر کشورهای نفتی مورد نظر برخوردار است. همچنین، بین استفاده از سوخت‌های فسیلی و میزان جمعیت با زیست‌کارایی انرژی رابطه منفی و معناداری وجود دارد، در حالی که بین درجه باز بودن تجاری با زیست‌کارایی انرژی رابطه مثبت و معناداری دیده می‌شود. در این پژوهش، راهکارها و توصیه‌های پژوهشی و اجرایی جهت بهبود و میزان ارتقای کارایی زیست‌محیطی پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: انرژی، پانل توبیت، تحلیل پوششی داده‌ها، زیست‌کارایی، کشورهای نفتی.
طبقه‌بندی JEL: C14, O57, Q4.

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه
شاپا (چاپی) ۲۲۵۱-۹۰۹۲ | نمایه در ISC
سال بیست‌وسوم | شماره ۱ | بهار ۱۳۹۷ | ص‌ص ۹۶-۷۹

مقدمه

صنعتی‌شدن، مرحله‌ای جداناپذیر از فرایند رشد و توسعه اقتصادی کشورها به‌ویژه اقتصادهای درحال‌توسعه است. ولی بهره‌مندی از صنعتی‌شدن، می‌تواند مسائل جدی مانند افزایش آلودگی و مشکلات زیست‌محیطی را به همراه داشته باشد (Majumder, 2009). به عبارت دیگر، اگرچه کشورها به دنبال افزایش تولید داخلی و رشد اقتصادی خود هستند، ولی رشد اقتصادی به‌خصوص در سطوح پایین‌تر توسعه‌یافتگی می‌تواند کیفیت محیط‌زیست را کاهش دهد (Halicioglu, 2009). رشد و توسعه اقتصادی نیازمند استفاده از انرژی به عنوان یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولید است و عدم دسترسی به انرژی مقرون‌به‌صرفه و قابل‌اعتماد، عامل ایجاد عقب‌ماندگی‌های اقتصادی و اجتماعی در بسیاری از نقاط جهان شده است. تغییرهای جمعیتی و رشد شهرنشینی، علاوه بر ضعف در کارایی جریان تولید، انتقال، توزیع، و مصرف و عدم وابستگی لازم به منابع انرژی مطمئن و پاک، موجب افزایش تقاضای انرژی و مصرف سریع منابع آن گردیده است (Hire-math *et al*., 2007; Dickmann, 2006). رشد روزافزون جمعیت، وابستگی به انرژی و به تبع آن، رشد مصرف انرژی فسیلی، موجب افزایش مشکلات زیست‌محیطی می‌شوند (صادقی و همکاران، ۱۳۸۶). مطابق گزارش راهبردی مدیریت و اقتصاد، یک میلیارد و چهارصد میلیون نفر در جهان در معرض آلودگی هوا قرار دارند و سالانه در دنیا سه میلیون نفر بر اثر عوارض مستقیم یا غیرمستقیم آلودگی هوا جان خود را از دست می‌دهند که ۹۰ درصد این آمار به کشورهای توسعه‌یافته مربوط است (گزارش راهبردی مدیریت و اقتصاد-۱۹، ۱۳۹۵). بر اساس اعلام بانک جهانی، خسارت آلودگی هوا در ایران از ۱/۷ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۱ به ۸ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۶ و ۱۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۶ افزایش خواهد یافت. تشدید آلودگی‌ها و شرایط بحرانی سال‌های اخیر و افزایش تعداد روزهای ناسالم هوای تهران و شهرهای دیگر، نقص و عدم کارایی اقدام‌های انجام‌شده را نشان می‌دهد (گزارش راهبردی مدیریت و اقتصاد-۱۹، ۱۳۹۵؛ گزارش شاخص عملکرد زیست‌محیطی[1]، ۲۰۱۶). با افزایش نگرانی‌ها در رابطه با کیفیت محیط‌زیست، لحاظ کردن آثار منفی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی در ارزیابی کارایی و بهره‌وری بنگاه‌ها در سطوح کلان و صنایع انرژی‌بر و آلاینده ضروری به نظر می‌رسد. از این‌رو، برای ارزیابی عملکرد اقتصادی کشورها به شاخص‌هایی نیاز است که ابعاد زیست‌محیطی را در بر داشته باشند (Korhonen & Luptacik, 2004). در نتیجه، با توجه به اهمیت کیفیت محیط‌زیست در سطح جهانی، در چند دهه اخیر بسیاری از پژوهش‌ها برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی کشورها بکار گرفته شدند (Lacko & Hajduová, 2018 Ignatius *et al*., 2016; Madaleno *et al*., 2016; Woo *et al*., 2015 و

1.http://measurewhatmatters.info/news/environmental-performance-index-epi-launches-2016-report-at wef/#sthash.eO4BofRm.dpuf

فتحی و همکاران، ۱۳۹۶؛ سجادی‌فر و همکاران، ۱۳۹۴) و کانون بیش‌تر پژوهش‌ها، اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی در حضور ستانده نامطلوب است. از آن‌جایی که شناسایی عوامل موثر بر زیست‌کارایی در حضور ستانده نامطلوب، موضوعی است که باید به آن پرداخته شود، بنابراین در راستای پُر کردن شکاف حاضر، این پژوهش با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های دارای خروجی نامطلوب، کارایی انرژی در ایران و کشورهای نفتی را اندازه‌گیری کرده و سپس عوامل موثر بر زیست‌کارایی انرژی را با استفاده از روش پانل توبیت برآورد می‌کند.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مسئله‌ای که به‌تازگی با افزایش نگرانی‌ها در مورد مسائل زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی مورد توجه قرار گرفته، لحاظ کردن آسیب‌های زیست‌محیطی در اندازه‌گیری کارایی بنگاه‌های اقتصادی است. برای رفع این مشکل، نوع جدیدی از کارایی به نام کارایی زیست‌محیطی معرفی شد که ستانده نامطلوب را نیز در برمی‌گیرد (Haynes *et al*., 1997). عبارت زیست‌کارایی ترکیبی از کارایی‌های اقتصادی و محیط‌زیست است که می‌توان آن را به عنوان نسبت کم‌ترین استفاده بالقوه به بالفعل نهاده‌های زیان‌بار زیست‌محیطی تعریف کرد (Reinhard *et al*., 1999)، که نشانگر وضعیت تولید آلایندگی از نهاده‌های تولید است (Sorvari *et al*., 2011). در واقع، کارایی زیست‌محیطی به عنوان جنبه‌ای از کارایی فنی روی نهاده با پیامدهای زیست‌محیطی منفی تمرکز می‌کند و با کاهش سطح نهاده‌های آلاینده، بر کارایی‌های فنی و زیست‌محیطی اثر می‌گذارد (Graham, 2004). پس از دهه ۱۹۹۰ میلادی و وارد شدن ستاده نامطلوب به ارزیابی بنگاه‌ها، همواره نقش متغیرهای موثر بر کارایی زیست‌محیطی و انتشار آلاینده‌ها به عنوان فرایند جانبی تولید مورد بحث بوده است (نجف‌زاده و ممی‌پور، ۱۳۹۶). پس در پژوهش حاضر، مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر زیست‌کارایی انرژی ارزیابی می‌شوند.

سانگ و همکاران[1] (۲۰۱۸) مدل مبنی بر متغیرهای کمکی شعاعی (RSBM)[2]را برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی مناطق چین پیشنهاد کردند. آن‌ها ضایعات صنعتی را به عنوان ستاده نامطلوب در نظر گرفتند. نتایج مدل‌شان نشان می‌دهد که بالاترین سطح کارایی زیست‌محیطی متعلق به شرق چین است، در حالی که مناطق مرکزی، پایین‌ترین سطح کارایی زیست‌محیطی را دارند. البته علت آن ناشی از تاکید مناطق شرقی بر حفاظت از محیط‌زیست است؛ هرچند که این مناطق از درجه صنعتی‌شدن بالایی برخوردار هستند. در حالی که مناطق غربی به دلیل انتشار زیاد گازهای

1. Song *et a*l.
2. Ray Slack-Based Model

گلخانه‌ای و حفاظت پایین زیست‌محیطی، کم‌ترین کارایی زیست‌محیطی را دارند. لاکو و حاج دووا[1] (۲۰۱۸) کارایی زیست‌محیطی کشورهای عضو اتحادیه اروپا را با بکارگیری روش تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای که روشی مناسب برای بررسی معناداری آماری متغیرهای پژوهش هست، تعیین کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل با محرک‌های تغییرهای آب‌وهوایی و متغیرهای مرتبط با عوامل اقتصادی ـ اجتماعی، مناسب‌ترین و معنادارترین مدل هست. چن و جیا[2] (۲۰۱۷) کارایی زیست‌محیطی مناطق صنعتی چین را با بکارگیری رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها برآورد کردند. بر پایه نتایج پژوهش، صرف نظر از چند استان توسعه‌یافته، کارایی زیست‌محیطی صنایع چین به‌طور کلّی پایین است و کارایی زیست‌محیطی مناطق صنعتی، در پنج سال گذشته روند رو به رشدی نداشته است. مادالنو و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی زیست‌محیطی و اقتصادی کشورهای اتحادیه اروپا با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. نتایج حاکی از آن است که با تغییر مدل ستاده‌محور یا نهاده‌محور، ارزیابی کارایی اقتصادی و زیست‌محیطی برای کشورهای مورد مطالعه تغییر می‌کند. وانگ و فنگ[3] (۲۰۱۵) منابع عدم کارایی تولیدی و رشد بهره‌وری در چین را بر مبنای روش تحلیل پوششی داده‌ها برآورد کردند. نتایج این پژوهش، افزایش استفاده از نهاده‌های نیروی کار و انرژی و انتشار بیش از حد دی اکسید سولفور را ازجمله منابع اصلی عدم کارایی تولید در چین قلمداد کردند. علاوه بر این، بهره‌وری زیست‌محیطی در چین روندی صعودی داشته است. همچنین، پیشرفت فنی مهم‌ترین عامل رشد اقتصادی چین بوده است، در حالی که کاهش کارایی مقیاس و مدیریت دو مانع اصلی بهبود بهره‌وری هستند. ولونتزوس و همکاران[4] (۲۰۱۴) رهیافت تحلیل پوششی داده‌های غیرشعاعی را جهت برآورد کارایی زیست‌محیطی و انرژی کشورهای عضو اتحادیه اروپا بکار بردند. مهم‌ترین یافته پژوهش‌شان این است که کشورهایی با استانداردهای زیست‌محیطی بالاتر، از کارایی زیست‌محیطی و انرژی کم‌تری برخوردارند. وو و همکاران (۲۰۱۵) کارایی زیست‌محیطی ایستا و پویا را برای منابع تجدیدپذیر انرژی با استفاده از شاخص مالم کوئیست برای کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD)[5] ارزیابی کردند. بر پایه نتایج این پژوهش، کشور آمریکا بالاترین میانگین کارایی زیست‌محیطی را در طول دوره مورد بررسی داراست و بزرگ‌ترین انحراف استاندارد مربوط به کشورهای اروپایی عضو OECD است. همچنین، کارایی پویا تحت تاثیر

1. Lacko & Hajduová
2. Chen & Jia
3. Wang & Feng
4. Vlontzos *et al*.
5. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

بحران مالی جهانی آمریکا قرار گرفته است. سانگ و همکاران (۲۰۱۳) کارایی زیست‌محیطی ۳۰ منطقه از کشور چین را بررسی کردند و سپس با بهره‌گیری از پانل توبیت اثرهای ثابت، عوامل موثر بر کارایی زیست‌محیطی را اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که کارایی زیست‌محیطی ۳۰ منطقه پایین است و متغیرهای نرخ رشد صادرات، نرخ رشد صنعتی‌شدن، و عدم تمرکز مالی اثر معناداری بر کارایی دارند. راسخی و همکاران (۱۳۹۵) ارتباط کارایی اقتصادی و کارایی زیست‌محیطی کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها اندازه‌گیری کردند. نتایج حاکی از بالاتر بودن میانگین کارایی زیست‌محیطی و اقتصادی برای کشورهای توسعه‌یافته نسبت به کشورهای درحال‌توسعه است. همچنین، وجود رابطه علّی دوطرفه بین کارایی زیست‌محیطی و اقتصادی تایید شد. فتحی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از مدل‌های ناپارامتریک ایستا و پویا، کارایی زیست‌محیطی کشورهای درحال‌توسعه منتخب را اندازه‌گیری کردند. نتایج بیانگر آن است که مصرف انرژی کشورهای درحال‌توسعه منتخب به میزان ۱۸/۱ درصد در سال از راه بهبود کارایی انرژی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، نتایج تجزیه‌وتحلیل پویا نشان می‌دهد که میانگین کارایی انرژی با ۲/۶ درصد در سال ۲۰۱۲ نسبت به سال پایه در کشورهای منتخب بهبود یافته است. قاسمی و پاشازاده (۱۳۹۳) کارایی زیست‌محیطی کشورهای درحال‌توسعه (ایران، هند، ترکیه، و مصر) را بررسی کردند. در این پژوهش، کارایی زیست‌محیطی که با رویکرد تحلیل پنجره‌ای برآورد گردید، نشان می‌دهد که در سال‌های مورد بررسی هند، ترکیه، مصر، و ایران به ترتیب بالاترین کارایی زیست‌محیطی را دارند.

روش پژوهش

روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[1] یک روش ناپارامتریک برای اندازه‌گیری کارایی است که تکنیک مورد استفاده برنامه‌ریزی خطی است و کارایی، با انجام دادن بهینه‌سازی به صورت مجزا برای هر بنگاه محاسبه می‌شود. با توجه به عدم انعکاس مسائل زیست‌محیطی و انتشار آلودگی در اندازه‌گیری و تخمین میزان کارایی در این مدل، برای این حل مشکل، روش تحلیلی پوششی داده‌ها در حضور ستانده نامطلوب به صورت زیر بکار گرفته می‌شود.

1. Data Envelopment Analysis (DEA)

روش تحلیل پوششی داده‌های ستانده‌محور با ستانده نامطلوب

روش ارائه‌شده توسط سیفورد و ژو[1] (۲۰۰۲) برای حل مشکل به این صورت است که در ابتدا ستانده نامطلوب در منفی ضرب می‌شود و سپس یک بردار تبدیل حاصل می‌شود که جمع آن با داده‌های منفی، یک بردار مثبت از داده‌ها را ایجاد می‌نماید. اگر y_{rj}^{g} نشان‌دهنده خروجی مطلوب (خوب) و y_{rj}^{b} خروجی نامطلوب (بد) باشد، افزایش y_{rj}^{g} و کاهش y_{rj}^{b} برای بهبود عملکرد مد نظر است. با وجود این، در مدل‌های پوششی خروجی‌محور با بازده به مقیاس متغیر، هر دو خروجی y_{rj}^{g} و y_{rj}^{b} به منظور بهبود عملکرد افزایش داده می‌شوند. در این‌جا، به منظور افزایش خروجی مطلوب و کاهش خروجی نامطلوب، ابتدا خروجی‌های مطلوب را در (۱-) ضرب کرده و مقدار را به تمامی خروجی‌های نامطلوب منفی اضافه می‌کنیم تا مقدار آن‌ها مثبت شود.

به‌طوری که:

$$y_{rj}^{-b} = -y_{rj}^{b} + t_r > 0 \qquad (۱)$$

مقدار t_r را می‌توان از رابطه $t_r = Max\{y_{rj}^{b}\} + 1$ به‌دست آورد. اما این روش فقط در حالت بازدهی ثابت به مقیاس استفاده می‌شود (Scheel, 2001). روش دیگر این است که معکوس ستانده نامطلوب را به عنوان یک ستانده مطلوب در نظر بگیرند (Lewis & Sexton, 2004). در این حالت، خروجی بد به عنوان یک ستانده در نظرگرفته می‌شود. یعنی مقدار بیش‌تری از کالاهای خوب مطلوب است اما مقدار بیش‌تر کالاهای بد نامطلوب است. ولی اگر کالای بد (b) را معکوس کنیم، کالای بد در این حالت به عنوان کالای خوب و به صورت $y_{j}^{-b} = 1/b$ (نامگذاری آن به عنوان j امین خروجی) در نظرگرفته می‌شود. از این‌رو، کارایی مبتنی بر کارایی خروجی‌محور اندازه‌گیری می‌شود که به وسیله معکوس کردن خروجی‌های بد تعریف می‌شود (Koop & Tole, 2008). مدل با خروجی نامطلوب را می‌توان به صورت مدل (۲) فرمول‌بندی کرد (امامی میبدی و جایدری، ۱۳۹۳).

$$Max \quad Z = h \qquad (۲)$$

s.t:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_{rj}^{g} \geq h y_{r0}^{g}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j Y_{rj}^{-b} \geq h y_{r0}^{-b}$$

1. Seiford & Zhu

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_{ij} \leq X_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 \qquad j = 1,2, \dots \dots, n$$

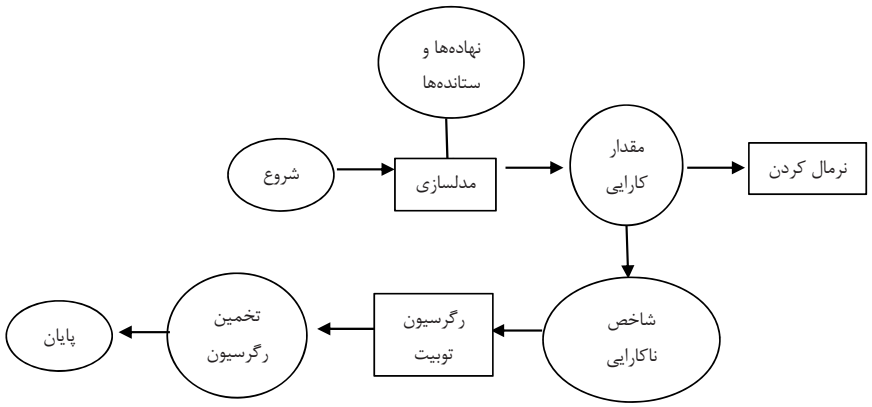
در این‌جا فرض می‌شود i نهاده، r محصول، و j بنگاه وجود دارد. Y_j^{-b} بردار ستونی محصول نامطلوب، Y_j^g بردار ستونی محصول مطلوب، و x_i بردار نهاده‌های تولید است. در این پژوهش، با استفاده از روش تحلیل پوششی ستانده‌محور و با در نظرگرفتن مقادیر خروجی نامطلوب به صورت معکوس، اثر منفی آن‌ها بر زیست‌کارایی محاسبه می‌شود. در بخش دوم این پژوهش، عوامل موثر بر زیست‌کارایی انرژی با استفاده از رگرسیون توبیت به عنوان رایج‌ترین رگرسیون برای بررسی اثر متغیرها بر مقادیر کارایی اندازه‌گیری شد. رگرسیون توبیت به هنگامی که متغیر وابسته با احتمال مثبت از سمت چپ یا راست یا هر دو سمت محدود شده و در نقاط انتهایی سانسور شده باشد یا دارای جواب گوشه‌ای باشد، بکار برده می‌شود (Wooldridge, 2010). مقادیر کارایی چون محدود به بازه [۱ و ۰] است، در نتیجه، با احتمال مثبت جواب گوشه‌ای دارند (نجف‌زاده و ممی‌پور، ۱۳۹۶). در مسائلی که با حجم نمونه کم سروکار داریم، در صورتی که داده‌های مورد استفاده از توزیع نرمال تبعیت کنند، نتایج مدل توبیت معتبر و سازگار است (Nahra *et al*, 2009; McDonald, 2009). در این پژوهش، جهت برآورد عوامل موثر بر زیست‌کارایی انرژی، نمره‌های زیست‌کارایی انرژی به عنوان متغیر وابسته در نظرگرفته می‌شود که طبق پژوهش سویوشی و همکاران[1] (۲۰۱۰) توسط یک تبدیل، نرمال می‌شوند. بنابراین، تبدیل مورد نظر برابر است با:

$$\mathrm{IE} = \left(\frac{1}{\mathrm{DEA}}\right) - 1 \qquad (۳)$$

به‌طوری که DEA نمره‌های کارایی و IE شاخص ناکارایی نرمال را نشان می‌دهد. گرین[2] (۲۰۱۲) پیشنهاد می‌کند که متغیر وابسته در نقطه صفر سانسور شود. در شکل (۲) پیداست که نمره‌های کارایی، در سمت چپ در بازه [۱ و ۰] توزیع شده‌اند. در شرایط عادی، امکان استفاده از رگرسیون توبیت برای ارزیابی اثرهای عوامل مختلف بر کارایی نیست، زیرا کارایی در مقدار یک سانسور شده است و بالاتر از آن نمی‌تواند توزیع شود (Sueyoshi *et al*., 2010). پس از نرمال‌سازی مقدار کارایی، تبدیل به شاخص

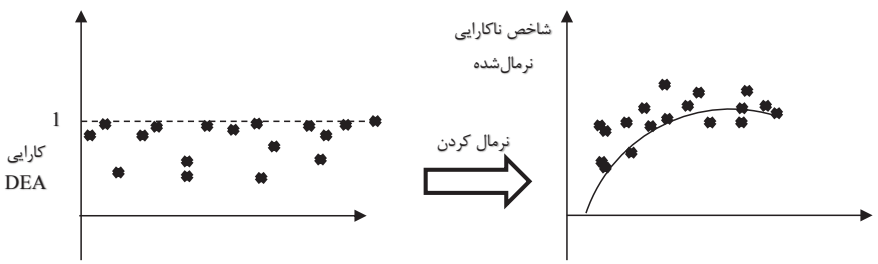
1. Sueyoshi *et al*
2. Greene

ناکارایی (IE) شده و در فاصله [∞ و۰] توزیع می‌شود. در حالت جدید شاخص ناکارایی (IE) در نقطه صفر سانسور شده و مقدار صفر بیانگر وضعیت کارا در مدل DEA است. در نتیجه، با استفاده از شاخص ناکارایی نرمال‌شده، امکان استفاده از رگرسیون توبیت در گام دوم فراهم است.



شکل ۱: روند محاسباتی رویکرد دو مرحله‌ای

منبع: سویوشی و همکاران (۲۰۱۰)



شکل ۲: نرمال‌سازی نمره‌های کارایی

منبع: سویوشی و همکاران (۲۰۱۰)

همان‌طور که در شکل (۲) مشهود است، در سمت چپ وضعیت کارایی در حالت عادی و در بازه [۱ و۰] است و سمت راست شاخص ناکارایی نرمال است که با استفاده از تبدیل پیشنهادی سویوشی و همکاران (۲۰۱۰) حاصل شد. برای بررسی عوامل موثر بر زیست‌کارایی انرژی از رگرسیون پانل توبیت به شکل اثرهای تصادفی استفاده می‌شود (Sueyoshi *et al.*, 2010):

$$IE_{it} = \alpha_0 + \alpha_i + B_1(\mathrm{E}_{it}) + B_2(\mathrm{FE}_{it}) + B_3(\mathrm{GDPP}_{it}) + B_4(\mathrm{EX}_{it}) + B_5(\mathrm{PO}_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (۴)$$

ε_{it} جمله خطا تصادفی و دارای توزیع مستقل و یکسان $\mathrm{N}(0, \sigma_e^2)$ است. α_0 و α_i به ترتیب جمله‌های ثابت غیرتصادفی و اثرهای ناهمگنی گروهی و ضرایب B_k بیانگر رابطه پویای بین زیست‌کارایی انرژی و متغیرهای توضیحی مدل هستند. متغیرهای توضیحی مدل بر اساس مبانی نظری و پیشینهٔ پژوهش در این زمینه انتخاب گردیدند، به‌طوری که E میزان انرژی مصرفی، FE سهم استفاده از انرژی فسیلی از کل انرژی مصرفی، GDPP تولید ناخالص داخلی سرانه به عنوان شاخص توسعه اقتصادی، EX درجه باز بودن تجاری به عنوان شاخص گسترش تجارت بین‌الملل، و PO میزان جمعیت است.

داده‌های پژوهش

در پژوهش حاضر، به منظور اندازه‌گیری زیست‌کارایی انرژی، تعدادی از مهم‌ترین کشورهای نفت‌خیز به دلیل تشابه در داشتن ذخایر و میادین نفتی به عنوان کشورهای منتخب برگزیده شدند. اطلاعات مورد نیاز از آخرین گزارش سالانه بانک جهانی برای دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۰۸ جمع‌آوری گردید. با توجه به مبانی نظری و پیشینهٔ پژوهش در زمینه زیست‌کارایی کشورها، متغیرهای پژوهش حاضر انتخاب شدند. متغیرهای ورودی و خروجی (نهاده و ستاده) مورد نظر در جدول (۱) گزارش شده است.

جدول ۱: متغیرهای ورودی و خروجی پژوهش

ردیف	نوع متغیر	متغیر	شرح
۱	خروجی	انتشار گاز دی‌اکسیدکربن	این ستاده به عنوان یک خروجی نامطلوب مد نظر قرار گرفته و برحسب کیلوتن است.
۲	خروجی	تولید ناخالص داخلی	این ستاده به عنوان یک خروجی مطلوب مد نظر قرار گرفته و برحسب دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰ است.
۳	ورودی	مصرف انرژی (سرانه)	این ورودی برحسب کیلوگرم معادل نفت خام است.
۴	ورودی	موجودی سرمایه[1]	این ورودی برحسب دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰ است.
۵	ورودی	نیروی کار	این ورودی برحسب نفر است.

منبع: یافته‌های پژوهش

۱. همانند مطالعه ژو و انگ (۲۰۰۸) و دو و همکاران (۲۰۱۴)، از متغیر تشکیل سرمایه ثابت به عنوان جانشین موجودی سرمایه استفاده شد.

نتایج پژوهش

آمار توصیفی متغیرهای ورودی و خروجی مورد استفاده در مدل برای کشورهای تحت مطالعه در جدول (۲) گزارش شده است:

جدول ۲: آمار توصیفی متغیرهای ورودی و خروجی در دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۰۸ (برای ایران و کشورهای نفتی)

نوع متغیر	متغیر	آماره	ونزوئلا	عربستان	کانادا	ایران	امارات	روسیه	نیجریه	قزاقستان	آمریکا
خروجی	انتشار گازدی‌اکسیدکربن (کیلوتن)	کمینه	۱۷۶۸۲۲	۴۳۰۱۷۵	۵۱۷۱۶۰	۵۴۱۵۸۲	۱۵۷۳۵۴	۱۵۷۴۰۴۵	۷۶۷۳۵	۲۱۳۳۳۸	۵۱۱۹۴۳۶
		بیشینه	۱۹۸۷۶۶	۶۰۱۰۴۶	۵۶۱۰۲۸	۶۴۹۴۸۰	۲۱۱۳۶۹	۱۸۳۰۸۳۰	۹۸۵۰۲	۲۶۲۸۴۶	۵۶۱۴۱۱۰
		متوسط	۱۸۴۶۷۲	۵۱۷۷۷۸	۵۳۴۴۸	۵۹۱۲۸۰	۱۷۲۸۶۱	۱۷۱۹۶۷۱	۹۳۲۸۷	۲۴۳۹۸۳	۵۲۹۹۳۸۷
		انحراف معیار	۷۴۷۴	۵۷۸۳۳	۱۴۷۹۹	۳۸۲۸۷	۱۸۰۹۵	۸۳۲۵۲	۷۶۴۵	۱۶۷۷۱	۱۶۵۲۰۵
خروجی	تولیدناخالص داخلی (میلیارد دلار)	کمینه	۳۹۹	۵۰۲	۱۵۶۵	۴۵۵	۲۸۹	۱۴۵۹	۳۲۰	۱۳۶	۱۴۵۹۴
		بیشینه	۴۳۸	۶۵۱	۱۷۷۹	۴۹۹	۳۵۴	۱۷۰۶	۴۵۲	۱۸۴	۱۶۲۰۸
		متوسط	۴۱۵	۵۷۴	۱۶۶۶	۴۷۲	۳۱۵	۱۶۰۵	۳۸۵	۱۵۸	۱۵۳۳۲
		انحراف معیار	۱۶	۵۹	۷۵	۱۶	۲۶	۹۱	۴۶	۱۸	۵۵۲
ورودی	مصرف انرژی (کیلوگرم)	کمینه	۲۲۶۸	۶۰۳۴	۷۷۲۵	۲۷۳۹	۷۴۱۸	۴۵۳۱	۷۲۱	۳۹۴۴	۶۸۶۹
		بیشینه	۲۴۹۳	۶۹۳۷	۸۱۹۵	۳۰۲۳	۸۶۰۴	۵۱۶۷	۷۹۸	۴۷۸۶	۷۴۸۸
		متوسط	۲۳۴۴	۶۵۱۴	۷۸۶۰	۲۸۲۷	۷۷۸۹	۴۹۱۶	۷۶۴۶	۴۴۱۸	۷۰۶۶
		انحراف معیار	۹۸	۳۴۹	۱۶۳	۹۵	۳۹۲	۲۱۴	۲۴	۲۷۷	۲۱۰
ورودی	موجودی سرمایه (میلیارد دلار)	کمینه	۸۱	۱۴۵	۳۳۸	۱۶۰	۷۲	۲۶۸	۴۰	۳۶	۲۵۱۲
		بیشینه	۱۲۳	۱۹۷	۴۳۹	۱۹۶	۸۶	۴۶۶	۷۳	۵۱	۳۲۸۳
		متوسط	۹۷	۱۷۲	۴۰۲	۱۷۶	۷۸	۴۰۴	۵۹	۴۱	۲۹۳۹
		انحراف معیار	۱۶	۱۹	۳۶	۱۲	۴	۷۲	۱۰	۶	۲۵۹
ورودی	نیروی کار (هزار نفر)	کمینه	۱۲۷۲۶	۸۹۶۶	۱۸۷۰۹	۲۳۹۵۸	۵۳۶۰	۷۶۳۴۹	۴۶۲۳۰	۸۳۸۲	۱۵۷۰۸۹
		بیشینه	۱۴۱۵۵	۱۲۳۹۱	۱۹۶۰۶	۲۴۹۶۰	۶۳۶۷	۷۶۹۶۱	۵۴۲۶۱	۹۰۵۰	۱۵۹۷۷۰
		متوسط	۱۳۴۴۲	۱۰۵۷۳	۱۹۰۹۰	۲۵۳۰۸	۵۸۷۵	۷۶۶۶۹	۵۰۱۵۱	۸۸۸۷	۱۵۷۹۴۹
		انحراف معیار	۵۰۰	۱۲۹۷	۳۹۰	۱۱۳۴	۶۱۵	۲۰۰	۲۸۸۷	۲۶۹	۱۱۱۳

منبع: یافته‌های پژوهش

پس از جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها با رویکرد ستانده‌محور و تحت دو فرض بازدهی ثابت و متغیر به مقیاس، زیست‌کارایی انرژی کشورهای نفتی محاسبه گردید. نتایج در جدول (۳) گزارش شده است. بر اساس این، کشور ایران با کسب نمره ۵۰ و ۵۴ به ترتیب در حالت بازدهی ثابت و متغیر به مقیاس، از کم‌ترین میزان زیست‌کارایی انرژی نسبت به سایر کشورهای نفتی تحت مطالعه برخوردار است که علت آن را می‌توان در عوامل توضیح‌دهنده زیست‌کارایی انرژی جستجو کرد. بررسی آمارها نشان می‌دهد که در کشور ایران سهم استفاده از انرژی‌های فسیلی و میزان جمعیت بالا و درجه باز بودن تجاری و تولید ناخالص داخلی پایین است. پس از ایران، پایین‌ترین نمره کارایی متعلق به کشورهای عربستان و روسیه است. در حالی که سایر کشورها میزان کارایی بسیار بالایی دارند، به‌طوری که کشورهای ونزوئلا، نیجریه، امارات، و آمریکا به‌طور کامل روی مرز کارایی قرار دارند. همان‌طور که در جدول (۳) گزارش شده است، میانگین زیست‌کارایی انرژی کشورها در دوره تحت مطالعه کم‌تر از میانگین کارایی مقیاس است. این بدان معناست که کشورها به تولید در مقیاس بیش‌تر اهمیت می‌دهند، ولی برای کارایی در بخش فنی نتوانسته‌اند از منابع موجود به نحو مطلوب استفاده کنند.

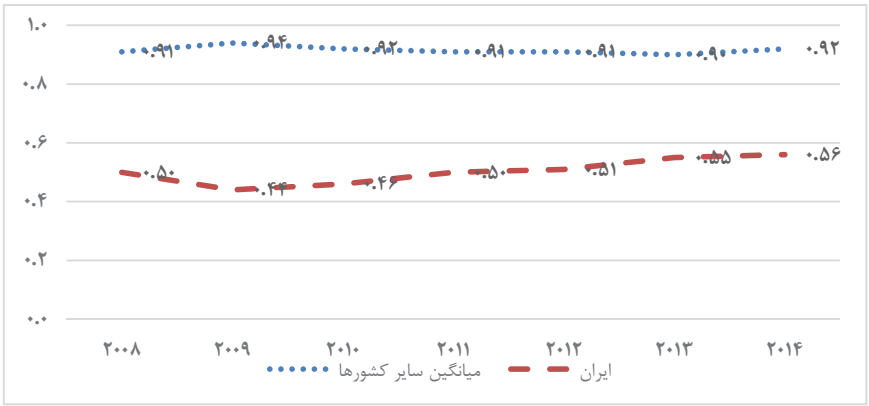
جدول ۳: نمره‌های زیست‌کارایی انرژی کشورها برای سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۸

نام کشور	سال ۲۰۰۸			سال ۲۰۱۴			میانگین دوره (۲۰۱۴-۲۰۰۸)		
	SE	PTE	TE	SE	PTE	TE	SE	PTE	TE
ونزوئلا	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
عربستان	۰/۷۲	۱	۰/۷۲	۰/۹۰	۰/۷۵	۰/۶۷	۰/۷۶	۰/۸۹	۰/۶۸
کانادا	۰/۹۳	۰/۹۹	۰/۹۳	۰/۹۵	۱	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۹	۰/۹۴
ایران	۰/۹۲	۰/۵۵	۰/۵۱	۱	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۹۳	۰/۵۴	۰/۵۰
امارات	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
روسیه	۰/۹۸	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۸	۰/۹۹	۰/۷۵	۰/۷۴
نیجریه	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
قزاقستان	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۹۸	۱	۰/۹۸
آمریکا	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

منبع: یافته‌های پژوهش

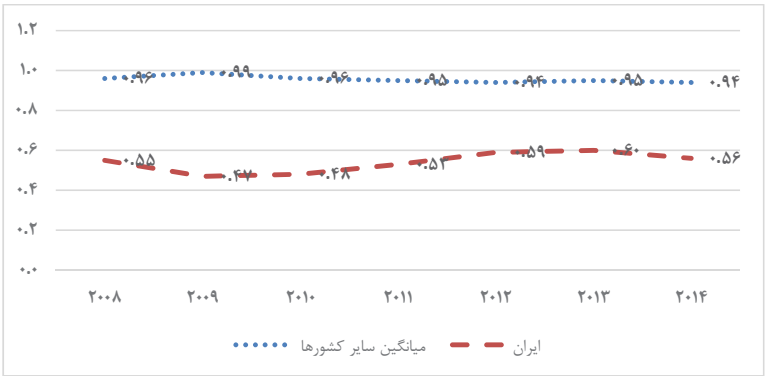
(TE زیست‌کارایی انرژی محاسبه‌شده تحت بازدهی ثابت به مقیاس، PTE زیست‌کارایی انرژی خالص محاسبه‌شده تحت بازدهی متغیر به مقیاس، و SE کارایی مقیاس).

نمودار (۱) زیست‌کارایی انرژی را تحت فرض بازدهی ثابت به مقیاس برای ایران و سایر کشورهای نفتی در دوره زمانی مورد مطالعه نشان می‌دهد. بر اساس این، برخلاف پایین‌تر بودن زیست‌کارایی انرژی ایران در مقایسه با میانگین سایر کشورهای نفتی، میانگین زیست‌کارایی انرژی ایران روندی صعودی داشته است که نشان‌دهنده بهبود نسبی زیست‌کارایی انرژی است. در حالی که برای میانگین سایر کشورها بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ این روند کاهشی بوده است.



نمودار ۱: زیست‌کارایی انرژی محاسبه‌شده تحت بازدهی ثابت به مقیاس

میانگین زیست‌کارایی انرژی تحت فرض بازدهی متغیر به مقیاس برای کشور ایران در فاصله زمانی ۲۰۱۳-۲۰۰۹ روندی صعودی داشته است و در سال ۲۰۰۹ به کم‌ترین مقدار خود رسیده است. در حالی که برای میانگین سایر کشورها در سال ۲۰۰۹ به بیش‌ترین مقدار خود رسیده بود. همچنین، تحت بازدهی متغیر به مقیاس، فاصله زیست‌کارایی انرژی ایران با میانگین سایر کشورها از شکاف قابل توجهی برخوردار است.



نمودار ۲: زیست‌کارایی انرژی محاسبه‌شده تحت بازدهی متغیر به مقیاس

در جدول (۴) نتایج عوامل موثر بر زیست‌کارایی انرژی با استفاده از رگرسیون پانل توبیت نشان داده شده است. در مدل توبیت برای انتخاب بین روش داده‌های تلفیقی (Pool) و روش داده‌های ترکیبی (Panel) با بکارگیری آزمون چاو و مشاهده آماره F لیمر، روش داده‌های ترکیبی برگزیده شد. سپس با استفاده از آزمون هاسمن و مشاهده آماره خی‌ـدو، مدل اثرهای تصادفی در مقابل اثرهای ثابت انتخاب و نتایج آن در جدول (۴) گزارش شده است.

جدول ۴: نتایج برآورد رگرسیون توبیت

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره Z	سطح معناداری
عرض از مبدا	-۲/۸۸۹۰۶۵	۰/۹۰۶۴۰۴	-۳/۱۸۷۳۹۱	۰/۰۰۱۴
میزان مصرف انرژی	۹/۶۶E-۰۵	۷/۹۱E-۰۵	۱/۲۲۲۰۰۶	۰/۲۲۱۷
سهم استفاده از انرژی فسیلی از کل انرژی مصرفی	۰/۰۲۵۸۸۵	۰/۰۰۸۰۶۵	۳/۲۰۹۶۹۱	۰/۰۰۱۳
تولید ناخالص داخلی سرانه	-۱/۰۶E-۰۵	۱/۳۹E-۰۵	-۰/۷۶۳۰۳۹	۰/۴۴۵۴
درجه باز بودن تجاری	-۱/۶۰E-۱۲	۷/۷۴E-۱۳	-۲/۰۷۰۶۱۶	۰/۰۳۸۴
میزان جمعیت	۹/۸۷E-۰۹	۳/۴۱E-۰۹	۲/۸۹۵۸۶۴	۰/۰۰۳۸
	۱۰/۱۸۴۲۵۶ (۰/۰۷۰۲)	Hausman (Chi-Square)	-۲۲/۹۹۶۸۷ ۴۰/۰۶۴۲۰۶ (۰/۰۰)	Loglikelihood LM Test (F)

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که پیش‌تر شرح داده شد، در رگرسیون توبیت متغیر وابسته شاخص ناکارایی نرمال است و نمره‌های آن بزرگ‌تر از صفر هستند که مقدار صفر بیانگر حالتی است که واحد تصمیم‌گیرنده به‌طور کامل کارا باشد و هرچه مقدار این شاخص بزرگ‌تر باشد، مقدار کارایی آن واحد کم‌تر است. بنابراین، علامت‌های ضرایب جدول، برای این‌که اثرهای متغیر توضیحی را بر مقدار کارایی شرح دهند، باید معکوس خوانده شوند. پس طبق نتایج جدول (۴)، همانند پژوهش راسخی و همکاران (۱۳۹۵)، بین استفاده از انرژی فسیلی و زیست‌کارایی انرژی رابطه منفی و معناداری آشکار گردید، به‌طوری که استفاده از سوخت‌های فسیلی، با ایجاد اثرهای مخربی چون باران اسیدی، فرسایش لایه ازون، و پدیده گرمایش جهانی، آلایندگی بیش‌تری را به محیط‌زیست وارد می‌کند. علاوه بر این، بین درجه باز بودن تجاری و زیست‌کارایی انرژی رابطه مستقیم و معناداری اثبات گردید که نتیجهٔ پژوهش متین و همکاران (۱۳۹۲) و حسنی و کهنسال (۱۳۹۳) بیانگر این مطلب هستند. درجه باز بودن تجاری به میزان در معرض قرار گرفتن یک کشور به تجارت و رقابت به منظور سرمایه‌گذاری اشاره دارد. تجارت آزاد از راه تخصیص و مصرف کارامدتر منابع، به کشورها اجازه می‌دهد تا در تولید کالا و خدماتی که در آن‌ها دارای مزیت نسبی هستند، تخصص یافته و از این‌رو، میزان تولید را به‌ازای سطوح مشخص انرژی و مواد بیشینه سازند. این استدلال بر توانایی تجارت آزاد در افزایش منابع مالی در دسترس برای حفاظت از محیط‌زیست از راه ارتقای ظرفیت تولید تاکید دارد. همچنین، نتایج حاکی از وجود یک رابطه غیرمستقیم و معنادار بین میزان جمعیت و زیست‌کارایی انرژی است که شارکیان و لطفعلی‌پور (۱۳۹۵)، کل و نئومایر[1] (۲۰۰۴) نیز در پژوهش‌شان به همین نتیجه رسیدند. زیرا با گسترش و رشد جمعیت تقاضا برای منابع انرژی، استفاده بیش‌تر از زیرساخت‌ها، وسایل حمل‌ونقل و زمین‌های کشاورزی افزایش می‌یابد. از آن‌جایی که اغلب کشورهای تحت بررسی مانند ایران، ونزوئلا، و عربستان از جمعیت بالایی برخوردارند، این نتیجه به‌طور کامل منطقی و توجیه‌پذیر است.

بحث و نتیجه‌گیری

مطابق نتایج پژوهش، مشاهده گردید که ایران با میانگین زیست‌کارایی انرژی ۵۰ و ۵۴ به ترتیب در حالت بازدهی ثابت و متغیر به مقیاس، نسبت به سایر کشورهای تحت مطالعه از پایین‌ترین میزان زیست‌کارایی انرژی برخوردار است. فاصله زیست‌کارایی انرژی ایران با میانگین سایر کشورها شکاف قابل‌توجهی دارد و جایگاه ایران از نظر زیست‌کارایی انرژی در مقایسه با سایر کشورهای نفتی مطلوب

1. Cole & Neumayer

نیست. از این‌رو، ایران باید برای بهبود کارایی انرژی برنامه‌هایی را پیگیری کند تا ضمن حفظ منابع موجود و بدون آسیب‌رسانی به محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها، توانایی خود را برای توسعه اقتصادی افزایش دهد. علاوه بر این، نتایج پژوهش حاکی از آن است که میانگین زیست‌کارایی انرژی کشورها در دوره مورد نظر کم‌تر از میانگین کارایی مقیاس است. این بدان معناست که کشورها به تولید در مقیاس بیش‌تر اهمیت می‌دهند ولی برای کارایی در بخش فنی نتوانسته‌اند از منابع موجود به نحو مطلوب استفاده کنند. همچنین، نتایج بررسی عوامل موثر بر زیست‌کارایی انرژی نشان می‌دهد که سهم استفاده از سوخت‌های فسیلی از کل انرژی مصرفی و میزان جمعیت با زیست‌کارایی انرژی رابطه منفی و معناداری دارند، در حالی که درجه باز بودن تجاری رابطه مثبت و معناداری با زیست‌کارایی انرژی دارد. از این‌رو، پیشنهادهای اجرایی و پژوهشی زیر در راستای نتایج پژوهش توصیه می‌شود:

الف. ایران به عنوان کشوری در مسیر توسعه، برای دستیابی به رشد مستمر توام با حفظ محیط‌زیست، لازم است به مبحث شدت انرژی توجه کند. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود تا سوخت‌های سبک و کم‌هزینه مثل گاز طبیعی، جایگزین سوخت‌های متداول سنگین، مثل ذغال‌سنگ شوند. همچنین، استفاده از فناوری فیلترهای هیبریدی جهت کاهش آلاینده‌ها به‌ویژه انتشار گردوغبار توصیه می‌شود. با توجه با رابطه معنادار بین سهم استفاده از سوخت‌های فسیلی از کل انرژی مصرفی و زیست‌کارایی انرژی، بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش انرژی‌های نو و کم‌تر آلاینده در جهت افزایش زیست‌کارایی انرژی ضروری است.

ب. اجرای سیاست‌های موثر در زمینه استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی و وضع قوانین و مقررات زیست‌محیطی مربوط به صنایع در جهت کاهش آلایندگی زیست‌محیطی ازجمله برقراری مالیات بر محصول نامطلوب بنگاه‌های تولیدی به منظور افزایش انگیزه تولیدکنندگان در جهت بکارگیری فناوری پیشرفته و سازگار با محیط‌زیست.

پ. به دلیل این‌که کشورهای تحت بررسی، اقتصادی وابسته به انرژی دارند، در بخش عرضه انرژی، باید با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، زیست‌کارایی انرژی را افزایش داده و در بخش تقاضای انرژی، با بکارگیری سیاست‌های کاهش مصرف انرژی و استفاده از فناوری پیشرفته سبب کاهش تقاضای انرژی شوند.

ت. با توجه به وجود رابطه معنادار بین درجه باز بودن تجاری و زیست‌کارایی انرژی پیشنهاد می‌شود که کشورها به سمت آزادسازی تجاری حرکت کنند و از راه تخصیص و استفاده کاراتر منابع، در جهت تولید کالاها و خدماتی که مزیت نسبی دارند، گام بردارند.

ث. با توجه به این‌که در این پژوهش اندازه‌گیری و انتشار گاز دی اکسید کربن به عنوان خروجی نامطلوب اغلب مبهم و غیردقیق است، پیشنهاد می‌شود تا در پژوهش‌های آتی از روش تحلیل پوششی با استفاده از داده‌های فازی، کارایی زیست‌محیطی برآورد گردد.

منابع

الف) فارسی

امامی میبدی، علی و جایدری، فرزانه (۱۳۹۳). اندازه‌گیری زیست‌کارایی پالایشگاه‌های نفت ایران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۱۴(۴): ۹۶-۷۹.

حسنی، لیلا و کهنسال، محمدرضا (۱۳۹۳). *بررسی اثر متغیرهای کلان اقتصادی بر شاخص عملکرد زیست‌محیطی*، اولین کنفرانس بین‌المللی اقتصاد، مدیریت، حسابداری و علوم اجتماعی.

راسخی، سعید؛ شهرازی، میلاد؛ شیدایی، زهرا؛ جعفری، مریم و دهقان، زهرا (۱۳۹۵). ارتباط کارایی اقتصادی و کارایی زیست‌محیطی: شواهد جدید برای کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۲۴(۷۸): ۵۶-۳۱.

سجادی‌فر، سیدحسین؛ عسلی، مهدی؛ فتحی، بهرام و محمدباقری، اعظم (۱۳۹۴). اندازه‌گیری کارایی انرژی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها با خروجی‌های نامطلوب، *فصلنامه برنامه‌ریزی و بودجه*، ۲۰(۴): ۶۹-۵۵.

شارکیان، عطیه و لطفعلی‌پور، محمدرضا (۱۳۹۵). نقش کارایی انرژی در بهبود محیط‌زیست در کشورهای منتخب صادرکننده نفت (به روش داده‌های تابلویی)، *پژوهش‌های اقتصاد و توسعه منطقه‌ای*، ۲۳(۱۱): ۱۴۵-۱۲۱.

صادقی، مهدی؛ گل‌آور، لیلا و عابدی، زهرا (۱۳۸۶). *بررسی پیامدهای اقتصادی-زیست‌محیطی افزایش بازده نیروگاه‌های برق فسیلی*، *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۹(۴): ۳۰-۱۵.

فتحی، بهرام؛ مهدوی عادلی، محمد حسین و فطرس، محمد حسن (۱۳۹۴). اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی انرژی در کشورهای درحال‌توسعه منتخب با استفاده از مدل‌های ناپارامتریک ایستا و پویا، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۱۱(۴۶): ۸۷-۶۱.

فتحی، بهرام؛ خداپرست مشهدی، مهدی؛ همایونی‌فر، مسعود و سجادی‌فر، سیدحسین (۱۳۹۶). مطالعه مقایسه‌ای کارایی انرژی، زیست‌محیطی در کشورهای درحال‌توسعه با رویکرد ستانده مطلوب و نامطلوب در محیط رقابتی، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۲۵(۸۱): ۱۲۱-۸۵.

قاسمی، عبدالرسول و پاشازاده، حامد (۱۳۹۳). پایش کارایی زیست‌محیطی در کشورهای درحال‌توسعه (مطالعه موردی: ایران، هند، ترکیه، و مصر)، *سیاستگذاری پیشرفت اقتصادی*، ۲(۴): ۱۱۸-۹۵.

گزارش راهبردی مدیریت و اقتصاد-۱۹ (۱۳۹۵). بررسی ابعاد جدید زیست‌محیطی آلودگی هوای تهران، وزرات علوم، تحقیقات و فناوری، مرکز پژوهشی آرا.

متین، شهاب؛ قائمی‌اصل، مهدی و همایونی‌فر، مسعود (۱۳۹۲). *بررسی آثار باز بودن تجاری و شدت انرژی بر شاخص عملکرد زیست‌محیطی در ایران با تاکید بر نقش تحریم‌های تجاری، کنفرانس بین‌المللی اقتصاد در شرایط تحریم.*

نجف‌زاده، بهنام و ممی‌پور سیاب (۱۳۹۶). بررسی عوامل موثر بر کارایی زیست‌محیطی صنعت برق ایران: رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها و داده‌های ترکیبی، *فصلنامه تحقیقات مدلسازی اقتصادی*، ۷(۲۷): ۸۳-۴۱.

ب) انگلیسی

Chen, L., & Jia, G. (2017). Environmental Efficiency Analysis of China's Regional Industry: A Data Envelopment Analysis (DEA) Based Approach. *Journal of Cleaner Production,* 142(1), 846-853.

Cole, M. A., & Neumayer, E. (2004). Examining the Impact of Demographic Factors on Air Pollution. *Population and Environment*, 26(1), 5-21.

Dickmann, D. I. (2006). Silviculture and Biology of Short-Rotation Woody Crops in Temperate Regions: Then and Now. *Biomass and Bioenergy*, 30(8-9), 696-705.

Du, K., Lu, H., & Yu, K. (2014). Sources of the Potential CO2 Emission Reduction in China: A Nonparametric Metafrontier Approach. *Applied Energy*, 115(1), 491-501.

Graham, M. (2004). *Environmental Efficiency Meaning and Measurement and Application to Australian Dairy Farms*. Presented at the 48th Annual AARES Conference, Melbourne, Victoria. February.

Greene, W. (2012). *Econometric Analysis (7th Edition)*. New York: Pearson

Halicioglu, F. (2009). An Econometric Study of CO2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164.

Haynes, K. E., Ratick, S., & Cummings-Saxton, J. (1997). Pollution Prevention Frontiers: A Data Envelopment Simulation *Environmental Program Evaluation: A Primer* (pp. 1-150): University of Illinois Press Urbana.

Hiremath, R., Shikha, S., & Ravindranath, N. (2007). Decentralized Energy Planning; Modeling and Application—A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(5), 729-752.

Ignatius, J., Ghasemi, M.-R., Zhang, F., Emrouznejad, A., & Hatami-Marbini, A. (2016). Carbon Efficiency Evaluation: An Analytical Framework Using Fuzzy DEA. *European Journal of Operational Research*, 253(2), 428-440.

Korhonen, P. J., & Luptacik, M. (2004). Eco-Efficiency Analysis of Power Plants: An Extension of Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 154(2), 437-446.

Koop, G., & Tole, L. (2008). What is The Environmental Performance of Firms Overseas? An Empirical Investigation of the Global Gold Mining Industry. *Journal of Productivity Analysis*, 30(2), 129-143.

Lacko, R., & Hajduová, Z. (2018). Determinants of Environmental Efficiency of the EU Countries Using Two-Step DEA Approach. *Sustainability*, 10(10), 3525.
Lewis, H. F., & Sexton, T. R. (2004). Data Envelopment Analysis with Reverse Inputs and Outputs. *Journal of Productivity Analysis*, 21(2), 113-132.
McDonald, J. (2009). Using Least Squares and Tobit in Second Stage DEA Efficiency Analyses. *European Journal of Operational Research*, 197(2), 792-798.
Madaleno, M., Moutinho, V., & Robaina, M. (2016). Economic and Environmental Assessment: EU Cross-Country Efficiency Ranking Analysis. *Energy Procedia*, 106(1), 134-154.
Majumder, R. (2009). Environmental Costs of Industrialisation: A Study of Durgapur Region in West Bengal. *Rabindra Bharati University Journal of Economics.*
Nahra, T. A., Mendez, D., & Alexander, J. A. (2009). Employing Super-Efficiency Analysis as An Alternative to DEA: An Application in Outpatient Dubstance Abuse Treatment. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 1097-1106.
Reinhard, S., Lovell, C. K., & Thijssen, G. (1999). Econometric Estimation of Technical and Environmental Efficiency: An Application to Dutch Dairy Farms. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(1), 44-60.
Scheel, H. (2001). Undesirable Outputs in Efficiency Valuations. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 400-410.
Seiford, L. M., & Zhu, J. (2002). Modeling Undesirable Factors in Efficiency Evaluation. European Journal of Operational Research, 142(1), 16-20.
Song, M., Peng, J., Wang, J., & Zhao, J. (2018). Environmental Efficiency and Economic Growth of China: A Ray Slack-Based Model Analysis. *European Journal of Operational Research*, 269(1), 51-63.
Song, M., Zhang, L., An, Q., Wang, Z., & Li, Z. (2013). Statistical Analysis and Combination Forecasting of Environmental Efficiency and its Influential Factors since China Entered the WTO: 2002–2010–2012. *Journal of Cleaner Production*, 42(1), 42-51.
Sorvari, J., Porvari, P., & Koskela, S. (2011). *Survey on the Environmental Efficiency Assessment Methods and Indicators*. MMEA Research Report nr D2.1.1.Helsinki.
Sueyoshi, T., Goto, M., & Omi, Y. (2010). Corporate Governance and Firm Performance: Evidence from Japanese Manufacturing Industries after the Lost Decade. *European Journal of Operational Research*, 203(3), 724-736.
Vlontzos, G., Niavis, S., & Manos, B. (2014). A DEA Approach for Estimating the Agricultural Energy and Environmental Efficiency of EU Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40(1), 91-96.
Wang, Z., & Feng, C. (2015). Sources of Production Inefficiency and Productivity Growth in China: A Global Data Envelopment Analysis. *Energy Economics*, 49(1), 380-389.
Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*: MIT Press.
Woo, C., Chung, Y., Chun, D., Seo, H., & Hong, S. (2015). The Static and Dynamic Environmental Efficiency of Renewable Energy: A Malmquist Index Analysis of OECD Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47(1), 367-376.
Zhou, P., & Ang, B. W. (2008). Linear Programming Models for Measuring Economy-Wide Energy Efficiency Performance. *Energy Policy*, 36(8), 2911-2916.